

**ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИНДУКТИВНОСТЕЙ РЕАКЦИИ
ЯКОРЯ И РАССЕЯНИЯ НА РАБОТУ СИНХРОННОЙ
РЕАКТИВНОЙ МАШИНЫ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ
ЧАСТОТЕ ПИТАНИЯ**

А. И. БЕРТИНОВ, Я. А. ГОЛУБЕНКО

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

Для анализа влияния относительных индуктивностей реакции якоря и рассеяния на работу синхронной реактивной машины (СРМ) в условиях меняющейся частоты при учете активного сопротивления обмотки якоря используем предложенные в [1] модифицированную схему замещения и уравнения относительных характеристик.

Для получения результатов исследования в общей форме рассмотрим относительные значения характеристик СРМ при изменении частоты и напряжения. Характеристики, соответствующие номинальным значениям f_n и U_n , принимаем за базовые.

Исходя из модифицированной схемы замещения, примем также обычные в этих случаях допущения:

а) симметрию фаз питающего напряжения, синусоидальность формы его кривой пространственного распределения магнитной индукции в воздушном зазоре машины;

б) влияние насыщения магнитной цепи и явление вытеснения тока в обмотках не учитываются;

в) приложенное напряжение, выраженное в относительных величинах, является функцией частоты, т. е. в общем виде:

$$\dot{U}^* = f^* \dot{U},$$

где

f^* — характеризует закон изменения напряжения при изменении частоты

$$\dot{U}^* = \frac{U}{U_n}; \quad f^* = \frac{f}{f_n}$$

U и U_n ; f и f_n — соответственно текущие и номинальные значения напряжения и частоты.

Характер изменения относительных индуктивностей с изменением частоты является общим, и при частотах, отличных от номинальной, параметры Т-образной модифицированной схемы замещения выразятся произведениями:

$$\beta_{1f} = f^* \beta_{1n} \text{ — для якорной обмотки.}$$

$$\beta_{\mu f} = f^* \beta_{\mu n} \text{ — для намагничивающего контура.}$$

$$\delta_{0f} = f^* \delta_{0n}; \quad \beta_{0f} = f^* \beta_{0n} \text{ — для нагрузочной ветви.}$$

Для модифицированной схемы замещения с вынесенным на зажимы намагничивающим контуром соответственно получим:

$\beta_{of} = i\beta_0^*$ — для намагничивающего контура.
 $\delta_{\theta rf} = i\delta_{\theta r}^*$; $\beta_{\theta rf} = i\beta_{\theta r}^*$ — для главного контура схемы.

Активные сопротивления обмоток при изменении частоты согласно принятым допущениям неизменны.

Модифицированные схемы замещения СРМ в соответствии с приведенными параметрами для основной гармоники напряжения приведены на рис. 1. Используя схему (рис. 1 б), запишем основные характеристики СРМ с учетом изменения частоты и напряжения.

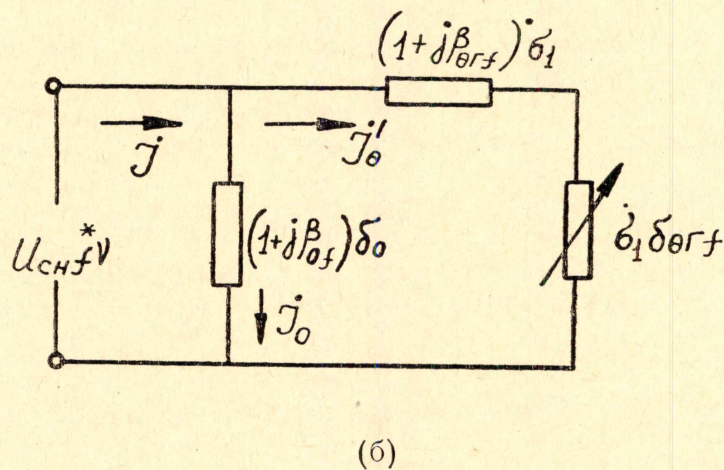
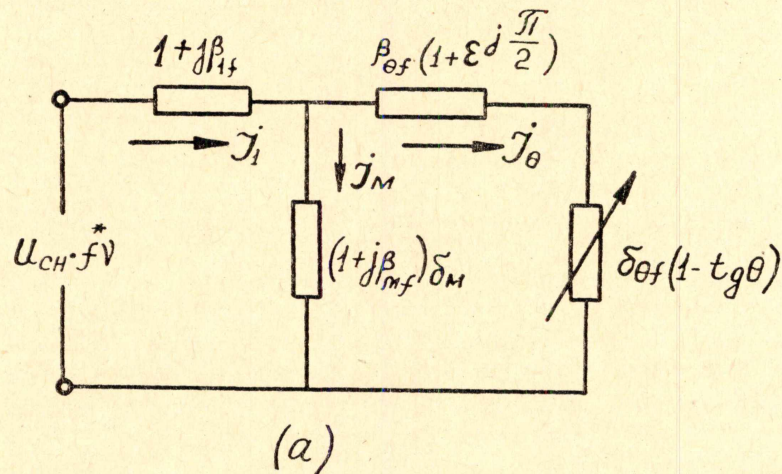


Рис. 1. Модифицированные схемы замещения синхронной реактивной машины при переменной частоте питания.

1. Выражения для токов главного и намагничивающего контуров имеют вид

$$I'_{\theta f} = I_1 i^* (\sigma_1 A_{\theta f})^{0,5}; \quad I_{of} = I_1 \sigma_1 i^* \left(\frac{A_{of}}{\delta_0} \right)^{0,5}. \quad (1)$$

Максимальный ток главного контура равен

$$I'_{omf} = I_1 i^* (\sigma_1 A_{omf})^{0,5}. \quad (2)$$

Здесь

$$I_i = \frac{U_H}{r_1 \sigma_1}; \quad A_{0f} = \frac{1}{\sigma_1 [(1 + \overset{*}{f} \overset{*}{\delta}_{0r})^2 + (\overset{*}{f} \overset{*}{\beta}_{0r})^2]}; \quad A_{0f} = \frac{1}{\delta_0 [1 + (\overset{*}{f} \overset{*}{\beta}_0)^2]};$$

$$A_{0mf} = \frac{1}{\sigma_1 [1 + (\overset{*}{f} \overset{*}{\beta}_{0r})^2]}.$$

Из (1÷2) следует, что влияние изменений частоты питания на токи машины независимо от величины магнитной несимметрии k определяется в значительной мере соотношением относительных индуктивностей реакции якоря β_{ad}^1 и рассеяния β_1 , где

$$\beta'_{ad} = \sigma_1 \beta_0^{(k-1)}$$

С уменьшением β_{ad}^1 и β_1 максимальный ток главного контура увеличивается при любых значениях магнитной несимметрии во всем диапазоне изменения частоты. При этом имеем

$$\sigma_1 = \sigma_1 e^{-j\gamma} = 1 + \frac{1 + j\beta_{1f}}{\delta_m (1 + j\beta_{mf})}$$

коэффициент преобразования схемы замещения, выраженный через относительные параметры.

2. Электромагнитная параметрическая мощность, развиваемая машиной при переменной частоте питания, определяется выражением

$$P_{nf} = P_i \sigma_1 \sigma_{0r} A_{0r} \overset{*}{f}^{2\nu+1},$$

где

$$P_i = m_1 I_i U_H.$$

Критический угол смещения Θ_{nfk} , определяющий статистическую перегрузочную способность, и максимальная параметрическая мощность P_{nfk} определяются выражениями

$$\theta_{nfk} = \pm \arctg \overset{*}{f} \beta'_0 [1 + (\overset{*}{f} \overset{*}{\beta}_{0r})^2]^{-0.5}; \quad P_{nfk} = \pm \frac{0,5 P_i \overset{*}{f}^{2\nu}}{1 + [1 + (\overset{*}{f} \overset{*}{\beta}_{0r})^2]^{0.5}}. \quad (4)$$

Знак «плюс» относится к режиму двигателя, знак «минус» — к режиму генератора.

Исследования показали, что во всем диапазоне изменения частоты выполняется следующее:

а) независимо от коэффициента магнитной несимметрии ($k=1\div 5$), с уменьшением относительной индуктивности рассеяния критическое смещение увеличивается;

б) влияние магнитной несимметрии на величину критического смещения увеличивается с увеличением β_1 .

3. Общее выражение коэффициента мощности, соответствующего углу φ_1 [1], имеет вид при нагрузке

$$\cos \varphi_{1f} = (1 + \overset{*}{f} \overset{*}{\delta}_{0r}) \sqrt{\sigma_1 A_{0f}}, \quad (5)$$

при критическом смещении —

$$\cos \varphi_{1fk} = [0,5 (1 + \sqrt{\sigma_1 A_{0mf}})]^{0.5}. \quad (6)$$

Относительные индуктивности реакции якоря и рассеяния при переменной частоте питания оказывают также существенное влияние на коэффициент мощности машины.

Из анализа выражения (6) и кривых на рис. 2 вытекает следующее:

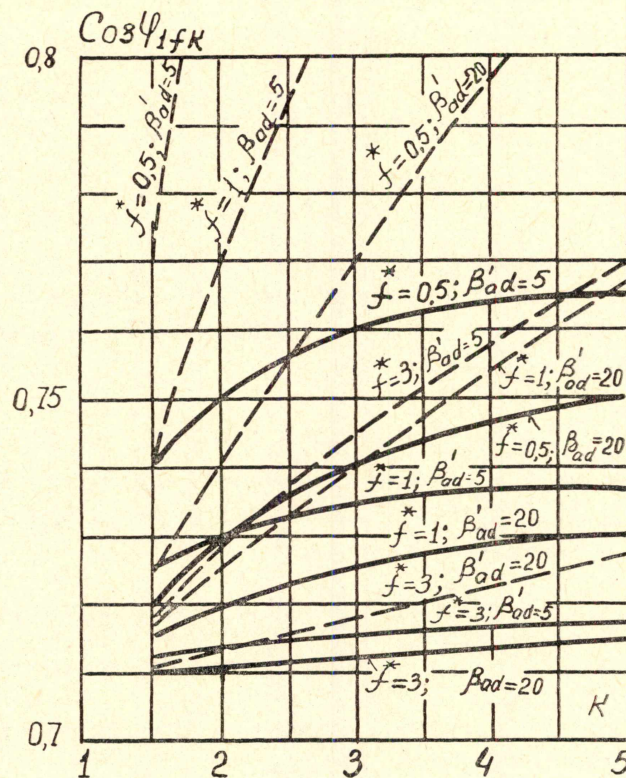


Рис. 2. Влияние магнитной несимметрии и относительных индуктивностей реакции якоря и рассеяния на коэффициент мощности при критическом смещении и переменной частоте питания.

$$\text{Cos } \varphi_{1fk} = I(k) \text{ по } f^* \text{ и } \beta'_{ad} \cdot \text{ — } \beta_1 = 10; \\ \text{--- } \beta_1 = 0,5;$$

а) во всем диапазоне изменения частоты ($f^* = 0,5 \div 3$) с увеличением частоты коэффициент мощности, соответствующий критическому смещению ($\text{Cos } \varphi_{1fk}$), уменьшается для всех значений относительных индуктивностей реакции якоря β'_{ad} , рассеяния β_1 и магнитной несимметрии.

б) увеличение $\text{Cos } \varphi_{1fk}$ при уменьшении частоты происходит быстрее при меньших относительных индуктивностях реакции якоря и рассеяния, при этом влияние относительной индуктивности рассеяния сказывается в большей степени, чем относительной индуктивности реакции якоря. С увеличением магнитной несимметрии это нарастание замедляется.

4. Подведенная из сети мощность определяется выражением

$$P_{1f} = P_i \sigma_1 f^{2*} [A_{0f} (1 + f \delta_{\theta f}) + A_{0f}]. \quad (7)$$

Полагая в рабочем режиме машины мощность на валу равной параметрической (электромагнитной) мощности $P_{\text{пф}} = P_{2f}$ для коэффициента полезного действия без учета активной составляющей тока намагничивающего контура получим

$$\eta = \frac{\delta_{\theta f}}{1 + \delta_{\theta f}}. \quad (8)$$

Коэффициент полезного действия, соответствующий критическому смещению при переменной частоте питания по аналогии с (8), определяется следующим выражением:

$$\eta_{fk} = \frac{f^* \delta_{\theta_{rfk}}}{1 + f^* \delta_{\theta_{rfk}}}, \quad (9)$$

где

$$\delta_{\theta_{rfk}} = \frac{\beta^1_0}{\operatorname{tg} \theta_{nrk}}$$

относительное активное сопротивление главного контура модифицированной схемы замещения при критическом смещении в условиях меняющейся частоты.

Анализ (9) показывает, что

1. С увеличением магнитной несимметрии коэффициент полезного действия, соответствующий критическому смещению при переменной частоте питания η_{fk} , уменьшается.

2. С уменьшением частоты η_{fk} уменьшается для всех значений относительных индуктивностей реакции якоря β^1_{ad} и рассеяния β_1 .

3. С увеличением частоты питания и относительных индуктивностей реакции якоря и рассеяния, влияние коэффициента магнитной несимметрии на η_{fk} в значительной мере сглаживается.

Выводы

Влияние изменения частоты на ток, электромагнитную мощность (момент), коэффициент мощности и к. п. д. синхронных реактивных машин в значительной степени зависит от относительных индуктивностей реакции якоря и рассеяния.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Бертинов. Электрические машины авиационной автоматики. Оборонгиз, 1961.