

УДК 621.311 . 1. 015

## ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ НА ПОТЕРИ В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

Канд. техн. наук, доц. РОМАНОВ В. В., асп. КАШИН М. А.

*Белорусский национальный технический университет*

Согласно ПУЭ допускается работа асинхронных двигателей при изменении питающего напряжения в пределах  $(-5...+10\%)U_n$  [1]. Однако при изменении напряжения питания изменяются составляющие потерь в двигателе. Поэтому целесообразно рассмотреть вопрос о влиянии величины напряжения питания на потери в асинхронных двигателях.

Общеизвестно, что в асинхронных электродвигателях выделяют пять видов потерь: электрические потери в обмотках статора  $P_{\text{ст}}$  и ротора  $P_{\text{р}}$ , потери в стали  $P_{\text{ст}}$ , механические  $P_{\text{мех}}$  и добавочные  $P_{\text{доб}}$  потери.

Поскольку потери в стали  $P_{\text{ст}}$  прямо пропорциональны квадрату магнитной индукции в воздушном зазоре машины  $B^2$  и, следовательно, квадрату напряжения питания  $U^2$  [2], приращение этих потерь при изменении питающего напряжения определится как

$$\Delta P_{\text{ст}^*} = \frac{P_{\text{ст.н}}}{P_n} (U_*^2 - 1), \quad (1)$$

где  $\Delta P_{\text{ст}^*}$  – приращение потерь в стали электродвигателя, выраженное в относительных единицах;  $P_{\text{ст.н}}$  – потери в стали при номинальном напряжении, кВт;  $P_n$  – номинальная мощность электродвигателя, кВт;  $U_* = U/U_n$  – отношение текущего и номинального значений напряжения питания.

Из круговой диаграммы асинхронного электродвигателя [1] следует, что изменение тока статора, следовательно, и электрических потерь в его обмотках  $P_{\text{ст}}$  зависит от векторной суммы тока холостого хода и тока ротора, приведенного к току статора. Расчеты показывают, что в диапазоне напряжений  $(0,95...1,1)U_n$  в двигателях малой и средней мощности ток статора по модулю изменяется незначительно. Поэтому в первом приближении можно считать величину  $P_{\text{ст}}$  постоянной.

Электрические потери в обмотке ротора  $P_{32}$  обратно пропорциональны квадрату напряжения, тогда приращение потерь определится как

$$\Delta P_{32*} = \frac{P_{32н}}{P_n} \left( \frac{1}{U_*^2} - 1 \right), \quad (2)$$

где  $\Delta P_{32*}$  – приращение потерь в обмотке ротора электродвигателя, выраженное в относительных единицах;  $P_{32н}$  – потери в обмотке ротора при номинальном напряжении, кВт.

Механические потери в электродвигателе  $P_{мех}$  при напряжении питания  $(0,95 \dots 1,1)U_n$  остаются неизменными. А изменением добавочных потерь  $P_{доб}$  ввиду их малости можно пренебречь.

Суммарные потери  $P_{\Sigma*}$  в относительных единицах можно определить, зная номинальное значение коэффициента полезного действия:

$$P_{\Sigma*} = \frac{1 - \eta_n}{\eta_n}. \quad (3)$$

Основываясь на приведенных выше допущениях, можно записать, что приращение суммарных потерь активной мощности равно

$$\Delta P_{Ад*} = \Delta P_{ст*} + \Delta P_{32*}. \quad (4)$$

Преобразуя (4) с помощью (1)–(3), получим выражение для определения приращения потерь активной мощности в электродвигателе в относительных единицах (по отношению к номинальной мощности):

$$\Delta P_{Ад*} = \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \left( P_{ст}^* U_*^2 + \frac{P_{32}^*}{U_*^2} - (P_{ст}^* + P_{32}^*) \right), \quad (5)$$

где  $P_{ст}^* = P_{ст.н}/P_{\Sigma}$  – доля потерь в стали от полной величины потерь в электродвигателе;  $P_{32}^* = P_{32.н}/P_{\Sigma}$  – доля потерь в обмотке ротора от полной величины потерь.

На основании анализа [1...4] для асинхронных двигателей малой и средней мощности при коэффициенте загрузки, равном 0,6...0,7, можно принять значения  $P_{ст}^* = 0,4$ ;  $P_{32}^* = 0,15$ .

Полученное выражение позволяет построить графическую зависимость изменения потерь мощности от величины номинального КПД (для существующих стандартных типоразмеров двигателей [4]) при различном напряжении питания (рис.1).

Из рисунка видно, что приращение потерь мощности при изменении напряжения питания возрастает с уменьшением номинального КПД машины, т. е. более заметно для двигателей малой мощности с меньшим КПД.

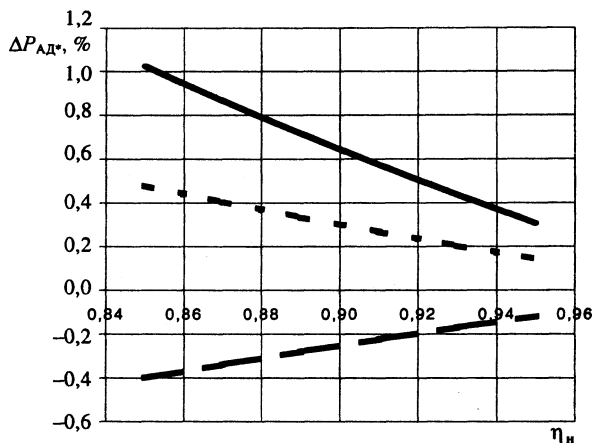


Рис. 1. Зависимость приращения потерь активной мощности от величины номинального КПД при различном напряжении питания:  
 — — — — —  $U_s = 1,1$ ; ····· —  $1,05$ ; — · — · —  $0,95$

Также выражение (5) позволяет определить приращение потерь активной мощности в отдельном электродвигателе при изменении напряжения питания. На рис. 2 приведена такая зависимость для двигателей номинальной мощности  $P_n = 7,5; 18,5; 315$  кВт с  $\eta_n = 87,5; 89,5; 94,5$  % соответственно [4].

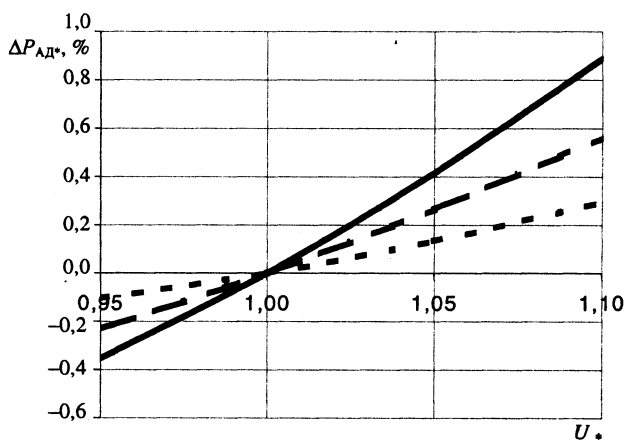


Рис. 2. Зависимость приращения потерь активной мощности от напряжения питания электродвигателей: — — — — —  $P_n = 7,5$  кВт; — · — · —  $45$ ; ····· —  $315$  кВт

На промышленных предприятиях используются асинхронные электродвигатели в широком диапазоне типов и мощностей с различными КПД. В связи с этим невозможно определить точное значение величины приращения потерь мощности для всего предприятия при повышении напряжения питания двигателей. Однако если принять величину среднего КПД равной 85...90 %, то снижение напряжения питания двигателей с  $1,1U_n$  до номинального значения по выражению (5) приведет к уменьшению потерь активной мощности на 1,0...0,6 % от суммарной номинальной мощности работающих машин (при коэффициенте загрузки двигателей 0,6...0,7).

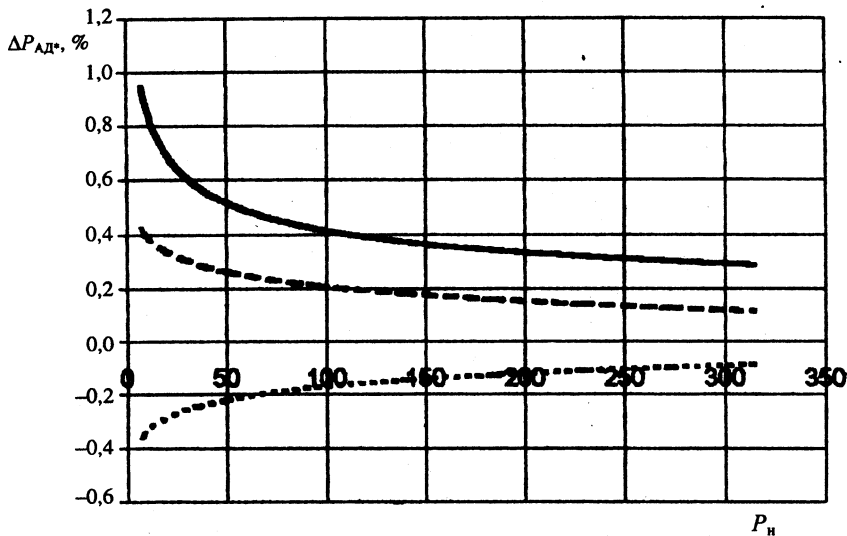


Рис. 3. Зависимость приращения потерь мощности от номинальной мощности двигателей при различном напряжении питания: — —  $U_n = 1,1$ ; — · — · —  $1,05$ ; ····· —  $0,95$

Рис. 1 показывает зависимость приращения потерь активной мощности от КПД электродвигателя, однако зачастую требуется оценить потери при известной номинальной мощности (рис. 3). Из рис. 3 и (5) следует, что при увеличении КПД электродвигателей (т. е. при рассмотрении электродвигателей мощностью выше 315 кВт) влияние напряжения на приращение потерь снижается. При снижении напряжения питания с  $1,1U_n$  до  $U_n$  эта величина составляет менее 0,3 %.

## ВЫВОДЫ

1. Приращение потерь в асинхронных двигателях при изменении напряжения питания в пределах  $(0,95 \dots 1,1)U_n$  определяется номинальным значением КПД.
2. Если принять среднее значение КПД электродвигателей равным 85...90 %, то снижение напряжения питания с  $1,1U_n$  до номинального приведет к уменьшению потерь активной мощности на 1,0...0,6 % от суммарной номинальной мощности работающих машин.
3. Для электродвигателей мощностью более 315 кВт приращение потерь при изменении питающего напряжения остается практически постоянной величиной и не превышает 0,3 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Копылов И. П. Электрические машины: Учеб. для вузов. — 2-е изд., перераб. — М.: Высш. шк.; Логос, 2000. — 607 с.
2. Гольдберг О. Д. Проектирование электрических машин: Учеб. для вузов / Под ред. О. Д. Гольдберга. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2001. — 430 с.
3. Радин В. И. Электрические машины. Асинхронные машины. — М.: Высш. шк., 1988. — 328 с.
4. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин. — М.: Энергоатомиздат, 1982. — 504 с.

Представлена кафедрой  
электроснабжения

Поступила 28.02.2003