

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 ΔP_{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_{Σ^*} 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.

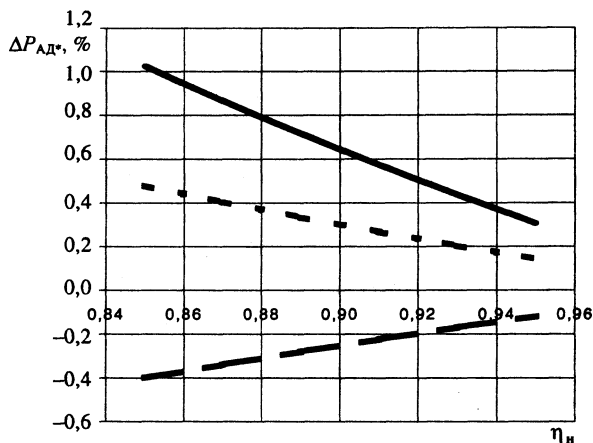


Рис. 1. Зависимость приращения потерь активной мощности от величины номинального КПД при различном напряжении питания:
 — — — $U_s = 1,1$; ····· — $1,05$; — · — $0,95$

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].

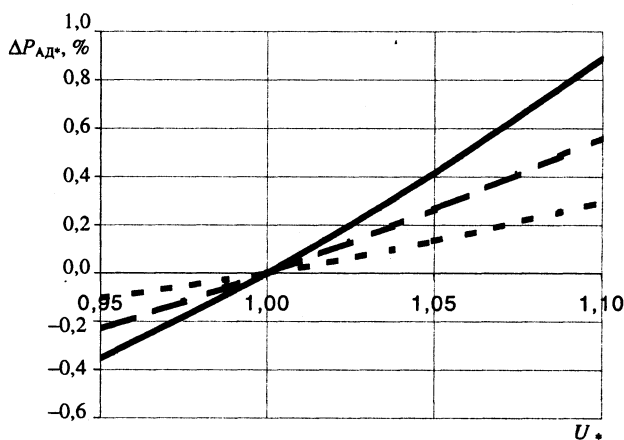


Рис. 2. Зависимость приращения потерь активной мощности от напряжения питания электродвигателей: — — — $P_n = 7,5$ кВт; — · — 45 ; ····· — 315 кВт

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).

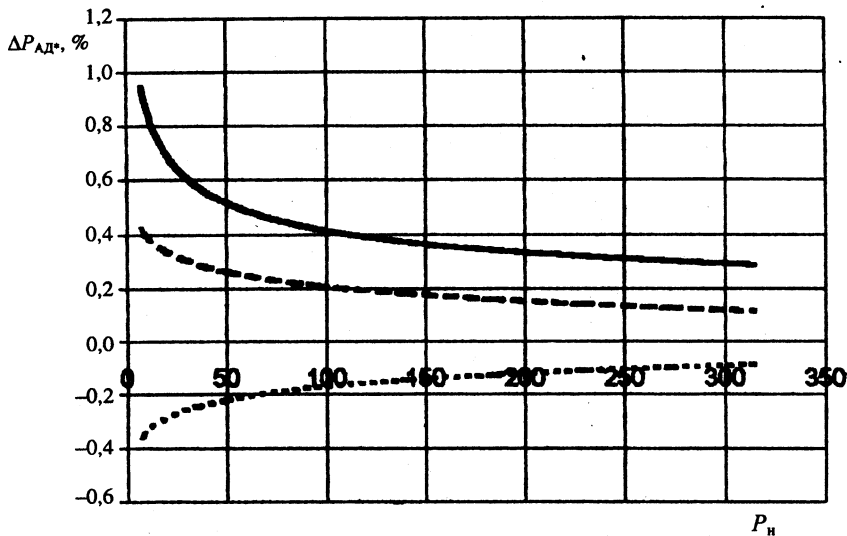


Рис. 3. Зависимость приращения потерь мощности от номинальной мощности двигателей при различном напряжении питания: — — — — — $U_n = 1,1$; — — — — — $U_n = 1,05$; $U_n = 0,95$

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