

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СРЕДНИХ ПОТЕРЬ ПРИ ВЫБОРЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Исаков Фарход Сайдахматович

докторант Ташкентский ГТУ

E-mail: isakovfarhod280990@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Дано сравнение предложенного метода и метода эквивалентного момента. Доказано, что метод эквивалентного момента дает заниженное значение требуемого вращающего момента двигателя. При расчете нагрузочной диаграммы двигателя необходимо иметь в виду, что начальное и конечное значения скольжения двигателя в пределах цикла работы должны совпадать. Поэтому, если в конце цикла отсутствует участок установившегося движения привода, приходится рассчитывать нагрузочную диаграмму двигателя путем последовательных приближений, задаваясь значениями скольжения в начале цикла.

Ключевые слова: Метод выбора, асинхронных переменных двигателей, характер температурного поля, средних потерь, режим работы, нагрузочная диаграмма механизма, эквивалентный момент, обмотках статора.

Совершенствование методики выбора асинхронных двигателей является актуальной проблемой, до сих пор не получившей достаточного практического решения. Обоснованный выбор асинхронных двигателей обеспечивает снижение энергопотребления, повышает эффективность использования двигателей и позволяет снизить затраты на их ремонт.

Наиболее точными являются прямые методы расчета необходимой мощности асинхронных двигателей, исходящие из условий допустимой температуры нагрева обмоток статора или допустимого ресурса двигателей. Асинхронный двигатель является сложным теплофизическим объектом, включающим в себя разнородные по теплофизическим характеристикам компоненты с различными условиями теплообмена на граничных поверхностях. Характер температурного поля в обмотках статора достаточно сложен и в значительной мере зависит от способа вентиляции двигателя, а графики изменения температуры в различных точках обмоток существенно отличаются от экспоненциальных. Поэтому расчет изменения температуры наиболее нагретой точки обмоток статора при переменной нагрузке двигателя является

чрезвычайно сложной задачей. Еще большие трудности возникают при выборе асинхронных двигателей из условия допустимого ресурса изоляции обмоток статора. Старение электрической изоляции представляет собой совокупность большого числа разнообразных явлений как химического, так и физического характера. Обычно температурное влияние на срок службы изоляции оценивается правилом снижения срока службы в два раза при каждом превышении её температуры на $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Исходя из изложенного для практического применения следует использовать косвенные методы выбора асинхронных двигателей. Наиболее точным из косвенных методов выбора асинхронных двигателей является метод средних потерь, в соответствии с которым среднее значение мощности потерь в двигателе за время цикла должно быть равно номинальной мощности потерь, а среднеобъемная температура обмоток статора в пределах цикла не должна превышать среднеобъемную температуру обмоток в номинальном режиме. При этом разница между максимальной и среднеобъемной температурами обмоток статора, а следовательно, и погрешность расчета необходимой мощности двигателя тем выше, чем более резкопеременный характер имеет нагрузка. Выбор асинхронных двигателей по методу средних потерь заключается в расчете циклового графика мощности потерь в двигателе при переменной нагрузке. Сравнительная громоздкость такого расчета ограничивает применение при выборе асинхронных двигателей метода средних потерь и побуждает использовать более простые, но менее точные методы, например, метод эквивалентного момента. В предлагаемой работе предложен новый подход к выбору асинхронных двигателей по методу средних потерь, позволяющий существенно упростить задачу.

В (1) все режимы работы электропривода разделены на две группы: у первой группы время пуска и торможения мало по сравнению с общим временем работы, и при выборе двигателя потери мощности при пуске и торможении не учитываются, у второй группы существенную часть времени работы занимают пуски и торможения, а при выборе двигателя учет мощности потерь при пусках и торможениях является определяющим [1]. При принятой классификации к первой группе режимов относятся режимы S1, S6 и S8, а ко второй соответственно S3, S4, S5 и S7. Выбор асинхронных двигателей при первой группе режимов целесообразно осуществлять по методу средних потерь, для выбора асинхронных двигателей при второй группе режимов эффективно используется метод допустимого числа включений в час.

При выборе асинхронных двигателей, работающих в первой группе режимов, можно рассматривать только электромеханические переходные процессы, а при расчетах использовать статические механические

характеристики двигателей, однозначно обеспечивающие связь вращающего момента и скольжения [4]. В общем случае, исходя из метода средних потерь, имеем:

$$(3I_{1H}^2 R_{1H} + M_H \omega_0 s_H + \Delta P_{п.н}) t_{ц} \geq \int_0^{t_{ц}} (3I_1^2 R_1 + M \omega_0 s + \Delta P_{п}) dt \quad (1)$$

где I_{1H} , M_H , R_{1H} , s_H и $\Delta P_{п.н}$ – номинальные значения фазного тока обмотки статора, вращающего момента, активного сопротивления фазы обмотки статора, скольжения и мощности постоянных потерь; I_1 , M , R_1 , s и $\Delta P_{п}$ – текущие значения указанных величин; ω_0 – синхронная угловая частота вращения ротора двигателя; $t_{ц}$ – время цикла.

Мощность потерь в обмотках статора [2]:

$$3I_1^2 R_1 \approx 3I_0^2 R_1 + \frac{R_1}{R_2'} M \omega_0 s, \quad (2)$$

где I_0 – ток ветви намагничивания схемы замещения двигателя;

R_2' – приведенное значение активного сопротивления фазы обмотки ротора.

С учётом (2) выражение (1) можно представить в виде:

$$[3I_{0H}^2 R_{1H} + M_H \omega_0 s_H (1 + \frac{R_{1H}}{R_{2H}'}) + \Delta P_{п.н}] t_{ц} \geq \int_0^{t_{ц}} [3I_1^2 R_1 + M \omega_0 s (1 + \frac{R_1}{R_2'}) + \Delta P_{п.н}] dt, \quad (3)$$

где I_{0H} – номинальное значение тока намагничивания; R_{2H}' – приведенное значение номинального активного сопротивления фазы обмотки ротора.

С достаточной для инженерных расчётов степенью точности в реальном диапазоне изменения скольжения асинхронных двигателей при указанных режимах работы имеем:

$$\begin{aligned} I_{0H}^2 R_{1H} t_{ц} &\approx \int_0^{t_{ц}} I_0^2 R_1 dt; \\ \Delta P_{п.н} t_{ц} &\approx \int_0^{t_{ц}} \Delta P_{п} dt; \\ 1 + \frac{R_{1H}}{R_{2H}'} &\approx 1 + \frac{R_1}{R_2'} \end{aligned} \quad (4)$$

Приняв во внимание (4), из выражения (3) для номинального вращающего момента двигателя получим:

$$M_H \geq \frac{1}{s_H t_{ц}} \int_0^{t_{ц}} M s dt \quad (5)$$

В соответствии с выражением (5) выбор асинхронного двигателя связан с определением подынтегральной площади функции $M s$ от времени в пределах цикла. Функция $M s$ задана статической механической характеристикой асинхронного двигателя и однозначно определяется при любом значении скольжения. Таким образом, рассчитав нагрузочную диаграмму двигателя $M(t)$, можем обеспечить по выражению (5) обоснованный выбор асинхронного двигателя. Однако определение зависимости $M(t)$ возможно только при заданной

механической характеристике асинхронного двигателя $M(s)$. Поэтому необходимо предварительно выбрать двигатель, а затем проверить его по предлагаемой методике из условия допустимого нагрева. Если выбранный двигатель не удовлетворяет указанному условию, то выбирается следующий габарит двигателя. Для повышения точности расчёта нагрузочных диаграмм двигателей следует использовать реальные механические характеристики. Интерес представляет также сравнение предлагаемого метода и метода эквивалентного момента, в соответствии с которым

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{1}{t_{\text{ц}}}} \int_0^{t_{\text{ц}}} M^2 dt. \quad (6)$$

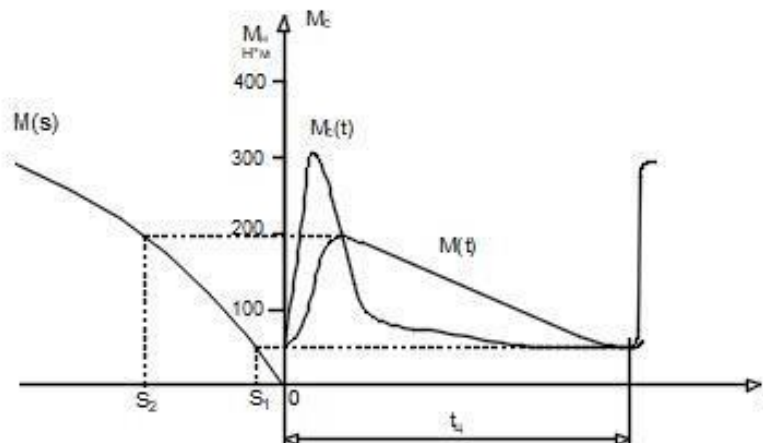
Расчёт нагрузочной диаграммы $M(t)$ проводится на основе уравнения движения привода:

$$M - M_{\text{с}} = -\omega_0 J \frac{ds}{dt}, \quad (7)$$

в котором J – результирующий момент инерции, приведенный на вал двигателя; $M_{\text{с}}$ – текущее значение приведенного на ось двигателя момента сопротивления.

При расчете нагрузочной диаграммы двигателя необходимо иметь в виду, что начальное и конечное значения скольжения двигателя в пределах цикла работы должны совпадать [3]. Поэтому, если в конце цикла отсутствует участок установившегося движения привода, приходится рассчитывать нагрузочную диаграмму двигателя путем последовательных приближений, задаваясь значениями скольжения в начале цикла.

Проведенные на ЭВМ расчёты показали, что предлагаемый метод по сравнению с методом эквивалентного момента дает на 10-20% большее значение требуемого номинального вращающего момента двигателя, причем погрешность метода эквивалентного момента повышается с увеличением неравномерности нагрузки производственного механизма. Рассмотрим конкретный пример выбора асинхронного двигателя с повышенным скольжением для механизма с циклической ударной нагрузкой. Нагрузочная диаграмма механизма $M_{\text{с}}(t)$ и механическая характеристика $M(s)$ предварительно выбранного двигателя АИРС 180М4, $P_{\text{н}} = 22\text{кВт}$, $s_{\text{н}} = 6\%$, $n_0 = 1500$ об/мин, $J_{\text{д}} = 0.2$ кг·м² приведены на рисунке. Для выбранного двигателя ($M_{\text{н}} = 150$ Н·м, $\omega_0 = 157$ с⁻¹) приведенный к валу двигателя равен 1,8 кг·м². Рассчитанная по предлагаемой методике нагрузочная диаграмма двигателя $M(t)$ показана на рисунке. В соответствии с нагрузкой



эквивалентный момент равен 148 Н·м, а требуемый номинальный момент по предлагаемой методике будет 178 Н·м. Следовательно, предварительно выбранный двигатель удовлетворяет методу эквивалентного момента, а при использовании предлагаемого метода требуется двигатель следующего габарита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ: (REFERENCES)

1. Ключев В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Смирнов Ю.В. Совершенствование методики выбора асинхронных электродвигателей // Электричество. 1994. № 5.
3. Кацман М.М. Электрические машины. М: Академия. 2013-496с.
4. Шичков Л. П. Электрический привод, М: «Электронное издательство Юрайт» 2017-330с.