

УДК 621.3.072.8

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЗАМЕНЫ МАЛОНАГРУЖЕННЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Воробей В. В.

Научный руководитель - Радкевич В.Н., к. т. н., доцент

Уменьшения расхода электроэнергии на нерегулируемый электропривод производственных механизмов можно достичь заменой малонагруженных электродвигателей.

Известно, что КПД электродвигателя

$$\eta = 1 - \frac{\Delta P_{\Sigma}}{P_1},$$

где P_1 – активная мощность, потребляемая двигателем из сети; ΔP_{Σ} – суммарные потери мощности в двигателе,

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{пост} + \Delta P_{пер},$$

где $\Delta P_{пост}$ и $\Delta P_{пер}$ – соответственно постоянные и переменные потери мощности в двигателе.

К постоянным потерям мощности относятся магнитные потери в стали электродвигателя, а также механические потери на трение в подшипниках и вентиляцию. Потери в стали зависят от магнитной индукции, частоты перемagnetивания и не зависят от нагрузки [1]:

$$\Delta P_{ст} = \Delta P_{ст(ном)} \cdot B_*^2 \cdot f_*^{1,3},$$

где $\Delta P_{ст(ном)}$ – потери в стали при номинальной индукции и частоте; B_* и f_* – соответственно магнитная индукция и частота тока в относительных единицах по отношению к номинальным.

Переменные потери мощности пропорциональны квадрату тока нагрузки двигателя и включают в себя электрические потери в обмотках статора и ротора.

С учетом сказанного можно записать выражение для КПД электродвигателя в следующем виде:

$$\eta = \frac{P_{полезн}}{P_{потреб}} = \frac{P_{ном} \cdot k_{нг}}{P_1} = \frac{P_{ном} \cdot k_{нг}}{P_{ном} \cdot k_{нг} + \Delta P_{пост} + \Delta P_{пер} \cdot k_{нг}^2},$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность электродвигателя; $k_{нг}$ – коэффициент нагрузки двигателя,

$$k_{нг} = P_{раб} / P_{ном},$$

где $P_{раб}$ – средняя мощность, развиваемая двигателем в соответствии с потребностями механизма.

Таким образом, КПД электродвигателя существенно зависит от нагрузки на валу. Очевидно, что при работе с неполной нагрузкой КПД двигателя снижается. Типовые кривые зависимости КПД и коэффициента мощности асинхронного электродвигателя от нагрузки, выраженной в относительных единицах, представлены на рисунке 1.

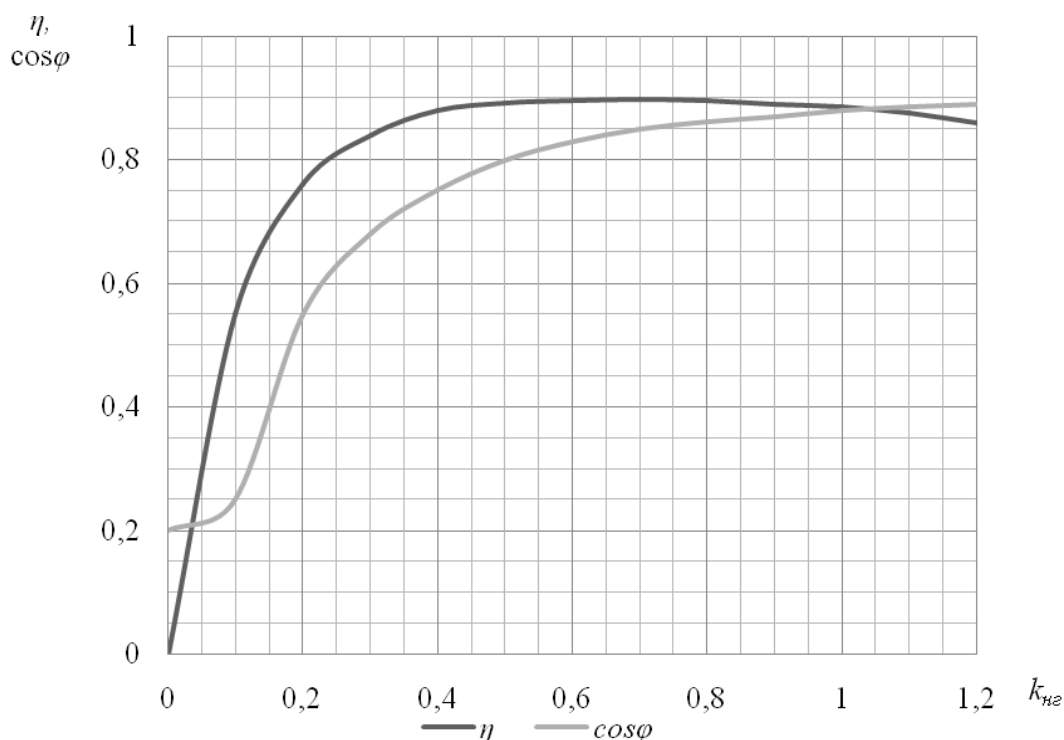


Рисунок 1 – Типовые зависимости КПД и $\cos\varphi$ асинхронного двигателя от нагрузки

Из рисунка 1 видно, что максимальный КПД у асинхронных электродвигателей достигается при относительных нагрузках 0,6–0,85 и при дальнейшем их увеличении до номинальных значений остается практически неизменным. Использование же электродвигателей завышенной номинальной мощности приводит к снижению технико-экономических показателей их работы, росту капитальных вложений и эксплуатационных расходов. Однако многочисленные обследования промышленных предприятий показывают, что большинство установленных электродвигателей работает при относительных нагрузках, не превышающих 0,4–0,6. Часто коэффициенты нагрузки имеют значения 0,2–0,3. При этом КПД электродвигателя снижается на 2–6%, а $\cos\varphi$ – на 20–25%, что приводит к увеличению потерь и расхода электроэнергии. Следовательно, для обеспечения рационального электропотребления необходимо, чтобы асинхронные электродвигатели были загружены в соответствии с их номинальной мощностью.

В то же время, замена всех недогруженных электродвигателей нерациональна с экономической точки зрения. Такая замена однозначно целесообразна, когда средняя нагрузка двигателя составляет менее 40% номинальной мощности. В остальных случаях целесообразность замены электродвигателей должна подтверждаться технико-экономическими расчетами. При этом следует учитывать, что чем ниже номинальная мощность электродвигателя, тем меньше номинальные значения КПД и коэффициента мощности. Кроме того, необходимо помнить, что значительного экономического эффекта можно достичь за счет перестановки малонагруженных электродвигателей при относительно небольших затратах.

Для решения этой трудоемкой задачи разработана компьютерная программа, которая позволяет оценить возможный эффект (снижение потерь мощности и расхода электроэнергии) от замены малонагруженного асинхронного электродвигателя электродвигателем меньшей мощности. В качестве исходных данных программа требует ввода каталожных параметров заменяемого электродвигателя, коэффициента нагрузки и каталожных параметров нового электродвигателя.

Основные возможности программы рассмотрим на примере асинхронного двигателя типа 4A180S4Y3 номинальной мощностью 22 кВт.

Программа позволяет выделить постоянные и переменные потери мощности из состава суммарных потерь, что дает возможность построить зависимости потерь мощности в электродвигателе от коэффициента его нагрузки. На рисунке 2 представлены эти зависимости для рассматриваемого асинхронного двигателя типа 4A180S4Y3.

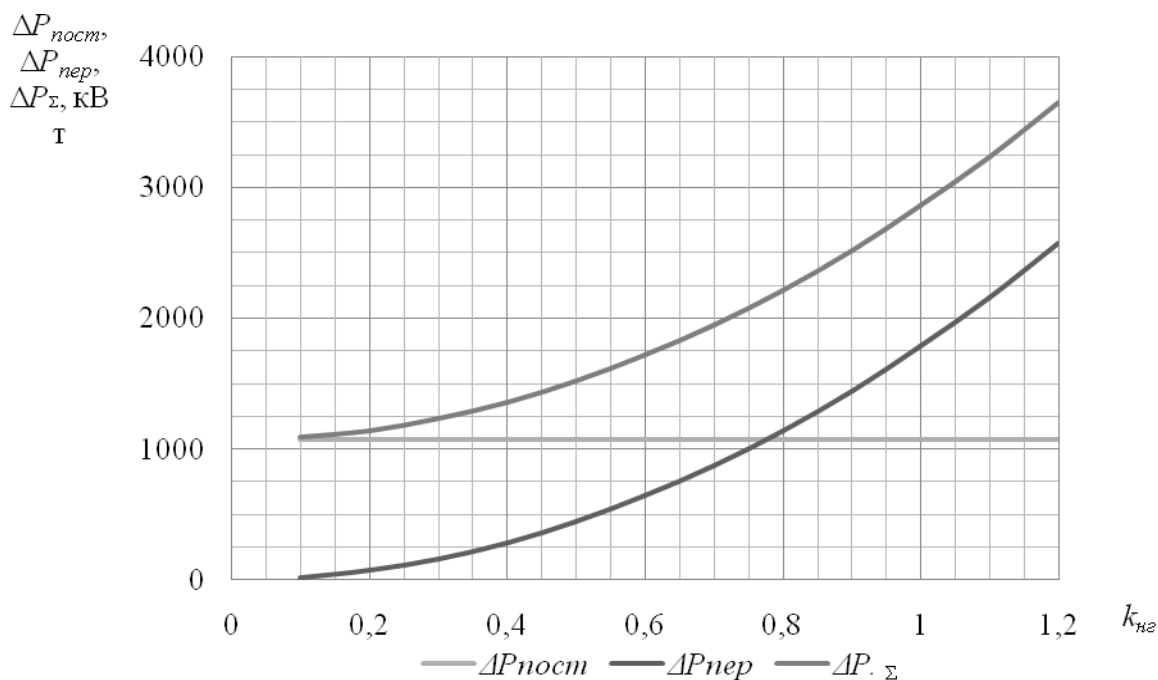


Рисунок 2 – Зависимости постоянных, переменных и суммарных потерь мощности от коэффициента нагрузки для асинхронного электродвигателя типа 4A180S4Y3

Значения потерь мощности в электродвигателе, как отмечалось ранее, зависят не только от коэффициента нагрузки, но и от параметров питающей сети. При определении постоянных и переменных потерь мощности программой учитываются фактические значения напряжения и частоты тока питающей сети. Таким образом, разработанная программа может быть использована также и для оценки влияния отклонений напряжения и частоты от номинальных значений на величину потерь мощности в электродвигателе.

Асинхронные двигатели серии 4А рассчитаны на напряжение 380 В. В соответствии ГОСТом 13109-97, нормально допустимые значения установившегося отклонения напряжения на зажимах электроприемников находятся в пределах $\pm 5\%$ номинального напряжения сети. Следовательно, при номинальном напряжении сети 400 В напряжение на зажимах электро-двигателя в нормальном режиме должно находиться в пределах от 380 В до 420 В. Зависимости суммарных потерь мощности от коэффициента нагрузки при данных напряжения для асинхронного двигателя типа 4A180S4Y3 отражены на рисунке 3.

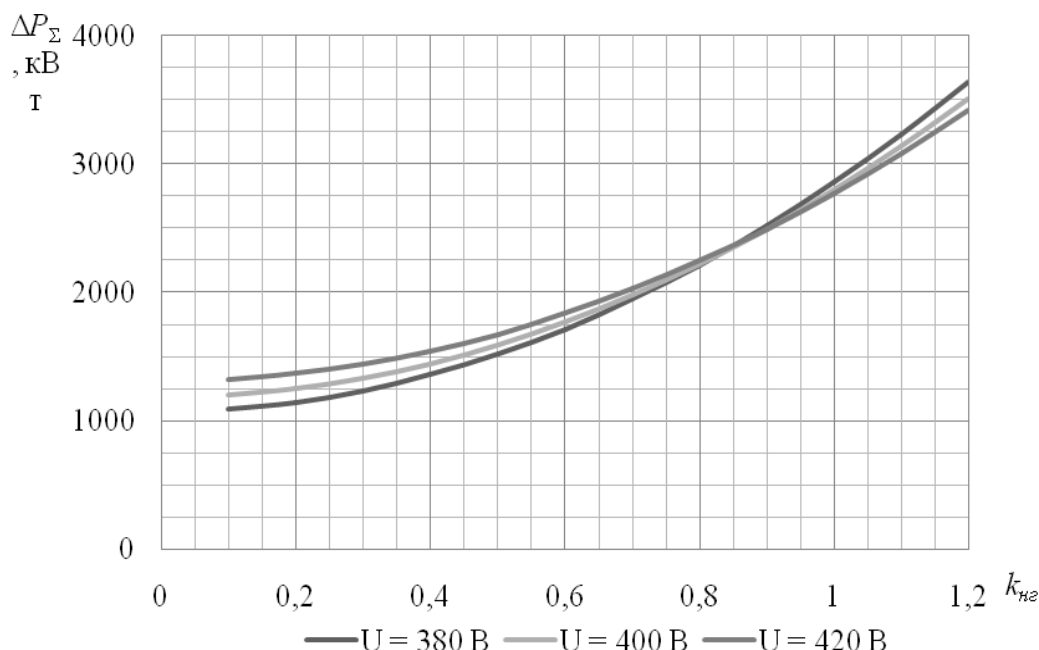


Рисунок 3 – Зависимости суммарных потерь мощности от коэффициента нагрузки для асинхронного электродвигателя типа 4A180S4Y3 при отклонениях напряжения на его зажимах от номинального значения

Из рисунка 3 видно, что повышение напряжения на 5% приводит к существенному (до 10%) увеличению суммарных потерь мощности в малонагруженных электродвигателях. Это объясняется тем, что при малых нагрузках потери в стали во много раз превышают величину нагрузочных потерь (рисунок 2). В этом случае повышение напряжение приводит к значительно меньшему снижению нагрузочных потерь по сравнению с ростом потерь в стали.

Заключение

Замена малонагруженных асинхронных электродвигателей способствует повышению коэффициента мощности и позволяет снизить расход электроэнергии на нерегулируемый электропривод производственных механизмов. Такая замена однозначно целесообразна, когда средняя нагрузка составляет менее 40% номинальной мощности электродвигателя. В остальных случаях целесообразность замены должна подтверждаться технико-экономическими расчетами, поскольку стоимость электродвигателей велика и зачастую не окупается за счет снижения потерь мощности и электроэнергии. Также необходимо учитывать возможность снижения расхода электроэнергии за счет перестановки малонагруженных электродвигателей, что позволяет получить значительный экономический эффект при относительно небольших затратах. Таким образом, какой бы ни была относительная нагрузка электродвигателя, необходимо проводить анализ целесообразности его замены двигателем меньшей мощности. Помочь в этом может разработанная программа.

Литература

1. Вольдек А. И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. – 3-е изд, перераб. – Л.: Энергия, 1978. – 832 с.