

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

В системе мер по оздоровлению экономики Республики Беларусь энергосбережение является одним из основных направлений в решении поставленной задачи, учитывая значительную и все время повышающуюся стоимость энергоресурсов, ежегодно закупаемых в Российской Федерации и других странах.

Энергосбережение в первую очередь значимо в энергоемких процессах и машинах. Кормоприготовительные машины, как правило, энергоемки и имеют ряд особенностей, которые необходимо учитывать при разработке мероприятий по экономии электроэнергии.

1. Подавляющее большинство кормоприготовительных машин является универсальным, то есть предназначенным для переработки нескольких видов кормов. Так как мощность электродвигателя машины выбирается по наиболее энергоемкому продукту, то при переработке других менее энергоемких продуктов машина и ее электродвигатель будут недогруженными и их КПД и КПД передачи будут меньше, чем при переработке основного продукта. В этом случае будет иметь место перерасход электроэнергии на единицу перерабатываемого продукта.

2. В кормоприготовительных машинах режущего типа (корнеклубне-резках, силосорезках, соломорезках, измельчителях и др.) в процессе их работы затупляются ножи. Время и степень затупления зависят от механических свойств перерабатываемого продукта, загрузки машины, механических свойств металла ножей и других показателей. При затуплении ножей возрастает потребляемая мощность и увеличивается расход электроэнергии.

3. Пуск кормоприготовительных машин необходимо производить без нагрузки. Поэтому по окончании работы машины необходимо останавливать после полного освобождения их от продукта, так как оставшийся в машине корм с течением времени может измен-

свои свойства (влажность, затвердевать, ухудшается кормовая ценность продукта). В результате этого возможны забивание и заклинивание рабочих органов и ухудшение качества корма.

4. Ввиду значительной массы рабочих органов и других вращающихся деталей (особенно у машин дробящего типа) время разбега машин может быть значительным и в отдельных случаях достигает двух и более минут.

Особого внимания заслуживает вопрос о повышении экономической эффективности универсальных кормоприготовительных машин путем изыскания путей повышения их загрузки до паспортной по основному наиболее энергоемкому продукту при переработке менее энергоемких кормов. В этом случае повышаются КПД машины, передачи и электродвигателя и в результате значительно уменьшается расход электроэнергии на переработку единицы продукции. Количественное значение снижения перерасхода электроэнергии можно подсчитать по методике [1].

В качестве мер по загрузке машины можно предусмотреть увеличение подачи с одновременным соответствующим увеличением частоты вращения рабочих органов для сохранения степени переработки (измельчения) продукта. В поставленной задаче необходимо определить требуемые значения производительности машины Q_{pi} и частоты вращения n_{pi} при переработке менее энергоемкого продукта, при которых мощность машины P_{pi} будет равняться мощности P_{pi} по переработке базового продукта с соответствующей производительностью Q_{pi} и частотой вращения n_{pi} .

Известно, что производительность машины пропорциональна частоте вращения, а мощность — пропорциональна производительности [2].

При работе машины на менее энергоемком продукте

$$Q_{pi} = k_i Q_{pi}, \quad P_{pi} = c_i Q_{pi}, \quad (1)$$

где k_i — коэффициент пропорциональности между производительностью и частотой вращения машины при переработке не основного продукта, $t/ч \cdot c^{-1}$;

c_i — расход электроэнергии на единицу не основного перерабатываемого продукта, кВт.ч/т.

При работе машины на основном (базовом) продукте с полной (номинальной) загрузкой

$$Q_{\text{осн}} = K_H P_{\text{осн}}, \quad P_{\text{осн}} = \alpha_n Q_{\text{осн}}, \quad (2)$$

где K_H - коэффициент пропорциональности между производительностью и частотой вращения машины при переработке основного продукта, т/ч·с⁻¹;

α_n - расход электроэнергии на единицу основного перерабатываемого продукта, кВт·ч/т.

При загрузке машины на не основном продукте до номинальной мощности на основном продукте

$$P_{\text{осн}} = P_{\text{осн}}. \quad (3)$$

Подставляя их значения, получим $\alpha_n Q_{\text{осн}} = \alpha_{\text{н}} Q_{\text{осн}}$

Требуемая производительность машины при переработке не основного продукта в этом случае должна быть

$$Q_{\text{осн}} = \alpha_n Q_{\text{осн}} / \alpha_{\text{н}}. \quad (4)$$

Подставив в формулу 4 значения $Q_{\text{осн}}$ и $Q_{\text{осн}}$ из выражений 1 и 2, получим требуемую частоту вращения машины при работе не на основном продукте

$$n_{\text{осн}} = \alpha_n K_H P_{\text{осн}} / \alpha_{\text{н}} K_H. \quad (5)$$

Значения удельных расходов электроэнергии α_n и $\alpha_{\text{н}}$ приведены в литературе [2], а значение K_H - из выражения 2

$$K_H = Q_{\text{осн}} / P_{\text{осн}},$$

где $Q_{\text{осн}}$ и $P_{\text{осн}}$ - паспортные данные машины при работе на основном продукте.

Значение K_H определяется из выражения (1) при $n = n_{\text{осн}}$. В этом случае $K_H = Q_{\text{осн}} / P_{\text{осн}}$, где $Q_{\text{осн}}$ - паспортная производительность машины при переработке не основного продукта при номинальной частоте вращения $n_{\text{осн}}$.

Поскольку в производственных условиях одна машина перерабатывает небольшое количество разных видов продукта, то самым простым способом увеличения частоты вращения машины является изменение передаточного числа.

В производственных условиях кормоприготовительные машины часто работают с недогрузкой, обуславливающей значительный перерасход электрической энергии на единицу перерабатываемой продукции. Возникает необходимость текущего контроля загрузки машины с тем, чтобы рабочий, обслуживающий машину, принял меры для номинальной загрузки. А если рабочий не принимает соответствующие меры по загрузке, то необходимо в каждом конкретном случае подсчитать какой ущерб наносит рабочий за время своей работы.

Станции управления кормоприготовительных машин комплектуются амперметром, который может обеспечить самый простой метод контроля загрузки машины. Но для этого необходимо создать математическую модель расчета, позволяющую в каждом конкретном случае недогрузки измерить ток электродвигателя, определить соответствующую производительность машины, а затем и мощность на ее валу и перерасход электроэнергии по методике [1].

Так как загрузка машины вызывает соответствующее превышение тока электродвигателя свыше тока на холостом ходу машины, то относительное превышение этого тока по отношению к превышению его значения при номинальной производительности машины равно отношению данной производительности к номинальной производительности машины, то есть

$$\frac{I_i - I_{км}}{I_H - I_{км}} = K \frac{Q_{иi}}{Q_{иH}} \quad (6)$$

где I_i — измеряемый ток электродвигателя при данной производительности машины $Q_{иi}$;

$I_{км}$ — ток электродвигателя при холостом ходе машины;

I_H — ток электродвигателя при номинальной производительности машины $Q_{иH}$;

K — коэффициент пропорциональности.

Значение коэффициента K определим из равенства (6) при $Q_{mi} = Q_{mn}$. В этом случае $I_i = I_m$, а $K = 1$. Окончательно равенство (6) будет

$$\frac{I_i - I_{km}}{I_n - I_{km}} = \frac{Q_{mi}}{Q_{mn}} \quad (7)$$

Из выражения (7) определяем производительность

$$Q_{mi} = \frac{(I_i - I_{km}) Q_{mn}}{I_n - I_{km}} \quad (8)$$

Значение I_n может быть определено из любого конкретного случая, когда $Q_{mi} = Q_{mn}$, определяемое отношением массы перерабатываемого продукта m_i , ко времени его переработки. Замерив в этом случае $I_i = I$, и I_{km} и подставив их значения в формулу (8), получим

$$I_n = I_{km} + (I_i - I_{km}) \frac{Q_{mn}}{Q_{mi}} \quad (9)$$

С целью упрощения расчета получена зависимость

$$Q_{mi} = \frac{(I_i - I_{km}) Q_{mn}}{I_i - I_{km}} \quad (10)$$

Сделав разовые замеры I_{km} , Q_{mi} , I_i , и, подставив их значения в формулу (10), получим формулу для практического определения текущей производительности машины по измеряемому току I_i , обусловленному этой производительностью.

Зная Q_{mi} , Q_{mn} и номинальную мощность машины P_{mn} , можно определить мощность на валу машины P_{mi} при производительности Q_{mi} и соответствующий перерасход электроэнергии по методике [1].

$$P_{mi} = \frac{P_{mn} Q_{mi} \eta_{mn}}{Q_{mn} \eta_{mi}} \quad (11)$$

где η_{mn}/η_{mi} - отношение КПД машины при номинальной нагрузке к КПД η_{mi} при нагрузке, меньше номинальной. Известно [1], что

$$\frac{Q_{\text{мин}}}{Q_{\text{н.н}}} = 1 + \frac{P_{\text{л.н}}}{P_{\text{н.н}}} \left(\frac{Q_{\text{мин}}}{Q_{\text{н.н}}} - 1 \right), \quad (12)$$

где $P_{\text{л.н}}$ — мощность холостого хода машины, принимаемая для кормоприготовительных машин $0,2P_{\text{н.н}}$.

Предложенная методика расчета позволяет легко контролировать на рабочих местах загрузку машин, перерасход электроэнергии и наносимый ущерб хозяйству из-за недогрузки машины.

Существенную экономию электроэнергии может дать использование предложенной схемы ограничения и автоматического отключения холостых ходов [1] энергоемких кормоприготовительных и других машин.

В мероприятия по экономии электроэнергии следует включать систематическую смазку подшипников машин и своевременную заточку ножей у машин режущего типа.

Л и т е р а т у р а

1. Кудрявцев И.Ф. Энергосберегающее управление электроприводами // Технические средства и системы управления сельскохозяйственными установками: Сб. научн. тр. / БАТУ. — Горки, БСХА, 1993.
2. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок. / Под ред. Кудрявцева И.Ф. — М.: ВО Агропромиздат, 1988.