

электроэнергии. За данный период времени оно возросло на 0,4 млрд. кВт·ч или на 22,2 %. Однако с 2003 г. в транспортной отрасли объемы потребления электроэнергии достигли уровня 1995 г. Единственная отрасль народного хозяйства, которая сократила объемы потребляемой энергии, — это сельское хозяйство. Так, в сельском хозяйстве за период с 1995 г. по 2007 г. произошло снижение потребления электроэнергии на 1,5 млрд. кВт·ч или на 31 %. Если в 1995 г. в сельском хозяйстве республики было потреблено 4,8 млрд. кВт·ч электроэнергии, то в 2007 г. — 3,3 млрд. кВт·ч. Наименьшее значение данного показателя в анализируемый период времени отмечено в 2005 г. — 3,2 млрд. кВт·ч. Именно в 2005 г. в структуре потребления электроэнергии по отраслям народного хозяйства сельскохозяйственная отрасль занимает наименьший удельный вес по сравнению с другими годами.

Наибольший удельный вес в структуре потребления электроэнергии в 2007 г. занимают промышленность и строительство — 49,4 %, наименьший — транспорт — 5 %.

Анализ показателей эффективности использования электроэнергии в сельскохозяйственном производстве за период 1995–2007 гг. показал, что электроёмкость производства продукции снизилась на 44,6 %, продуктивность производства в расчёте на один гектар пашни и посевных площадей возросла в 1,36 раза, а производительность труда в 2007 году по сравнению с 1995 годом увеличилась в 2,4 раза.

Значительное влияние на снижение уровня электроёмкости сельскохозяйственного производства оказало уменьшение интенсивности электротрат производства на 24 %, а также незначительное увеличение электровооруженности труда. При этом следует учесть, что при сокращении численности занятого в сельском хозяйстве населения в 2 раза, снижение потребления электроэнергии составило 31 %.

Представленный анализ экономической эффективности использования электроэнергии в сельскохозяйственном производстве показывает, что в 2007 году по сравнению с 1995 годом потребление электроэнергии снизилось, производство сельскохозяйственной продукции увеличилось, и эффективность использования электроэнергии значительно возросла. Показатели 2007 года являются самыми лучшими за весь исследуемый период, что позволяет рассчитывать на еще более высокие результаты в перспективе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кованов С.И., Свободин В.А. Экономические показатели деятельности сельскохозяйственных предприятий: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1997. – 304 с.

2. Статистический ежегодник Республики Беларусь / Министерство статистики и анализа Республики Беларусь. – Мн., 2008.

УДК 631.371:621.313

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ УВЛАЖНЕНИЯ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ВО ВРЕМЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАУЗ

Лавцевич Е.В., аспирант

УО «Белорусский Государственный Аграрный Технический Университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Увлажнение обмотки и как результат пробой изоляции является одной из причин выхода из строя электродвигателя. Анализ известных способов защиты изоляции обмоток электродвигателей от увлажнения показывает, что наилучшую защиту от увлажнения обмоток обеспечивает токовая подсушка малыми токами. Ниже приведены расчеты требуемых напряжения и тока для подогрева обмоток электродвигателей на 3 °С выше окружающей среды.

Номинальные потери в асинхронном двигателе (АД) определяются по формуле

$$\Delta P_{ном} = P_{ном} \left(\frac{1 - \eta_{ном}}{\eta_{ном}} \right) \quad (1)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность электродвигателя, Вт;

$\eta_{ном}$ – номинальный КПД, о.е.

Номинальные потери могут быть представлены в виде суммы двух составляющих потерь, постоянных $\Delta P_{пост}$ и переменных $\Delta P_{пер}$.

$$\Delta P_{ном} = \Delta P_{пост} + \Delta P_{пер} = \Delta P_{ном} \left(\frac{\alpha_n}{\alpha_n + 1} \right) + \Delta P_{ном} \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) \quad (2)$$

где α_n – коэффициент потерь, равный отношению постоянных потерь к переменным потерям при номинальной нагрузке на валу, о.е. Для АД основного исполнения $\alpha_n = 0,5 - 0,7$ [1]. Примем для дальнейших расчетов $\alpha_n = 0,6$.

Из классической теории нагрева электродвигателя известно, что установившаяся температура нагрева обмоток двигателя определяется уравнением

$$\tau_{у.ном} = \frac{\Delta P_{ном}}{A_{ном}} \quad (3)$$

где $\tau_{ном}$ – установившееся номинальное превышение температуры, °С;

$A_{ном}$ – номинальная теплоотдача электродвигателя, Дж/°С·с.

Разделив правую и левую часть уравнения (2) на теплоотдачу $A_{ном}$, получим установившуюся номинальную температуру превышения обмотки статора над окружающей средой в виде двух составляющих. Первая составляющая соответствует температуре от постоянных потерь, а вторая составляющая – от переменных потерь

$$\tau_{у.ном} = \tau_{пост} + \tau_{пер} = \tau_{у.ном} \left(\frac{\alpha_n}{\alpha_n + 1} \right) + \tau_{у.ном} \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) \quad (4)$$

В уравнении (4) переменные потери в обмотках определяют уравнением

$$\tau_{пер} = \tau_{у.ном} \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) = \frac{\Delta P_{пер}}{A_{ном}} \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) \quad (5)$$

Переменные потери состоят из потерь в обмотках статора и ротора, а также добавочных потерь. Последние составляют не более 0,5 % от подводимой к двигателю мощности [2, с.343], и ими можно пренебречь.

Таким образом, в номинальном режиме работы, при номинальной теплоотдаче, обмотка электродвигателя нагревается до температуры $\tau_{пер}$ за счет переменных потерь.

Во время технологической паузы обмотка двигателя должна нагреваться до температуры τ_c на 5 – 10 °С превышающей температуру окружающего воздуха за счет потерь ΔP_c , выделенных в обмотках статора [3, с.184]. По аналогии с (5) можно записать

$$\tau_c = \frac{\Delta P_c}{A_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) \quad (6)$$

где ΔP_c – потери в обмотках при профилактическом нагреве, Вт;

A_0 – теплоотдача двигателя при неподвижном роторе, Дж/°С·с.

В этом случае электродвигатель имеет уменьшенную теплоотдачу A_0 в неподвижном состоянии

$$A_0 = \beta_0 \cdot A_{ном} \quad (7)$$

где β_0 – коэффициент ухудшения теплоотдачи, о.е. Для закрытых обдуваемых электродвигателей β_0 составляет 0,45 – 0,55 [4, с.353]. Примем $\beta_0 = 0,5$.

Подставляя (7) в (6), найдем

$$\tau_c = \frac{\Delta P_c}{\beta_0 \cdot A_{ном}} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_n + 1} \right) \quad (8)$$

Подставляя в (8) вместо $A_{ном}$ его значение из (3) и приняв $\alpha_n = 0,6$ и $\tau_{у.ном} = \tau_{доп.ср.}$ найдем потери мощности ΔP_c , требуемые для подогрева обмотки на τ_c (°C) выше окружающей среды

$$\Delta P_c = \frac{\tau_c \cdot \beta_0 \cdot \Delta P_{ном}}{\tau_{у.ном}} \cdot (0,6 + 1) = \frac{\tau_c \cdot 0,5 \cdot \Delta P_{ном} \cdot 1,6}{\tau_{доп.ср.}} = \frac{0,8 \tau_c \cdot \Delta P_{ном}}{\tau_{доп.ср.}} \quad (9)$$

где $\tau_{доп.ср.}$ – среднее допустимое значение температуры изоляции, определяемое классом нагревостойкости изоляции обмоток электродвигателя, °C.

По результатам расчетов определяем потери мощности на подогрев обмотки во время технологической паузы для двигателей 1-ой группы – 6Вт, 2-ой группы – 16 Вт, 3-ей – 45 Вт и 4-ой – 220 Вт.

Требуемый ток подогрева обмотки статора

$$I_{под} = \sqrt{\frac{\Delta P_c}{R_{сх}}} \quad (10)$$

где $R_{сх}$ – сопротивление схемы соединения обмоток статора электродвигателя при профилактическом подогреве, Ом.

Требуемое напряжение подогрева постоянного тока, поступающее от источника постоянного тока

$$U_{под} = U_{сх} + \Delta U_{прое} + \Delta U_{вып} \quad (11)$$

где $U_{сх}$ – напряжение на обмотках двигателя (по рисунку 1), В;

$\Delta U_{прое}$ – падение напряжения в соединительных проводниках при прохождении тока подогрева обмотки, В;

$\Delta U_{вып}$ – падение напряжения в выпрямительном устройстве, В; примем $\Delta U_{вып} = 1,2$ В.

Напряжение на обмотках двигателя

$$U_{сх} = I_{под} \cdot R_{сх} \quad (12)$$

Падение напряжения в соединительных проводниках

$$\Delta U_{прое} = I_{под} \cdot R_{пр} \quad (13)$$

где $R_{пр}$ – сопротивление соединительных проводников кабеля, Ом.

Сопротивление двух соединительных проводников

$$R_{пр} = \rho \frac{2L}{S} \quad (14)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление алюминиевой жилы кабеля при 20°C, Ом·мм²/м; $\rho = 0,027$ Ом·мм²/м;

L – длина соединительного кабеля (от электромагнитного пускателя до электродвигателя), м. Примем максимальное значение $L = 60$ м.

S – сечение проводника, определяемое по допустимому току, мм².

В таблице 1 приведены результаты расчетов по (10) и (11) требуемых напряжения и тока для подогрева обмоток электродвигателей на 3 °C выше окружающей среды.

Таблица 1 Результаты расчетов требуемых напряжений и токов подогрева для асинхронных электродвигателей

Группа электродвигателей (по оси вращения, мм)	Требуемое напряжение для подогрева обмоток электродвигателей на 3 °C		Требуемый ток для подогрева обмоток электродвигателей на 3 °C	
	для отдельных электродвигателей	для группы электродвигателей	для отдельных электродвигателей	для группы электродвигателей
Очень малых (50; 56; 63):		22,55-14,09		0,1-0,49

2-х полюсных	18,95 – 14,38		0,1-0,49	
4-х полюсных	19,48-14,09		0,1-0,4	
6-ти полюсных	22,55-17,1		0,2-0,34	
Малых (71; 80; 90):				
2-х полюсных	15,14 – 11,54	17,92-11,54	0,53-2,37	0,38-2,37
4-х полюсных	15,26-13,24		0,53-1,88	
6-ти полюсных	17,92-13,55		0,38-1,51	
Средних (100; 112; 132):				
2-х полюсных	22,28-12,6	22,28-12,38	2,81-9,38	1,74-9,38
4-х полюсных	21,69-13,27		2,28-9,09	
6-ти полюсных	18,17-12,38		1,74-6,28	
Больших (160; 180; 200; 225; 250):				
2-х полюсных	17,81-9,78	22,21-8,5	10,15-65,76	7,31-65,76
4-х полюсных	17,73-8,5		10,18-63,73	
6-ти полюсных	22,21-10,03		7,31-44,37	

Литература

1. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода/: учебник для вузов/ М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – 6-е изд. – Москва: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
2. Справочник по электрическим машинам/: справочник: В2т./Под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т.1. – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.
3. Пиотровский Л.М. Электрические машины/: учебник для вузов/ Л.М. Пиотровский. – Изд. 4-ое. – Москва – Ленинград, 1960. – 532 с.
4. Пясталов А.А. Эксплуатация электрооборудования/: учебник для вузов/ А.А. Пясталов, Г.П. Ярошенко. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 287 с.

УДК 631.22:628.8.004.58

СИСТЕМА ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Некрасов А.И., д.т.н., ст.н.сотр., Сырых Н.Н., д.т.н., проф.,
Борисов Ю.С. к.т.н., ст.н.сотр.

*Всероссийский НИИ электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)
Москва, Россия*

Энергетическая стратегия сельского хозяйства на период до 2020 года предусматривает значительно повышение эффективности использования электрифицированной техники и электроустановок в общей задаче технического обеспечения села. Основным действующим нормативным документом, регламентирующим вопросы организации эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве является Система технического обслуживания и ремонта электрооборудования сельскохозяйственных предприятий (ППРЭсх), которая была разработана на основе обобщения результатов исследований, выполненных различными научно-исследовательскими организациями, анализа системы ППР других отраслей экономики, с учетом передового опыта организации ТО и Р электрооборудования в хозяйствах, а также требований инструкций к электрооборудованию заводов-изготовителей.

Разработка и внедрение Системы ППРЭсх имело важное значение для сельского хозяйства, позволило рационально и эффективно организовать эксплуатацию электрооборудования, значительно повысить уровень использования электрифицированной