

УДК 621.3:658.345(075.32)
**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ НА ФЕРМАХ КРУПНОГО
 РОГАТОГО СКОТА**

Федорчук А.И., кандидат технических наук, доцент
 УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
 г. Минск, Республика Беларусь

Большинство помещений животноводческих ферм по степени опасности поражения электрическим током относятся к особо опасным. Если животное попадает под напряжение по схеме «носовое зеркало – ноги», то в зависимости от значения напряжения прикосновения либо рефлекторно отдергивает голову (при напряжении до 20...25 В), либо падает. В обоих случаях цепь тока быстро разрывается и животное, как правило, не получает серьезной электротравмы. При приложении напряжения «шагового» (между передними и задними ногами), а также по схеме «шея – ноги» по мере роста напряжения последовательно наступают реакции: ощущение покалывания (проявляется в нарастающем беспокойстве), судорожное сокращение мышц ног («подкашивание»), приводящее к падению), фибрилляция сердца.

Систематическое воздействие на животных даже сравнительно низких напряжений, не представляющих какой-либо угрозы для их жизни, оказывает тем не менее на них вредное физиологическое влияние. Так, у дойных коров при длительном или систематическом воздействии на них напряжения от 4 В наблюдается задержка молокоотдачи, приводящая к существенному (до 30% и более) уменьшению продуктивности; при откорме – уменьшаются привесы и т. п.

В аварийных режимах напряжение прикосновения и напряжение шага должны быть не более 12 В (для комплексов 8 В) при замыкании на землю на ВЛ и на подстанции напряжением до 35 кВ, а при однофазном замыкании на корпус (открытые проводящие части) в сети до 1 кВ – также не более 12 В, если время возможного воздействия напряжения прикосновения свыше 10 с.

Вместе с тем, в последние годы в хозяйствах республики отмечались случаи массового электропоражения крупного рогатого скота, из-за недостаточности или неэффективности в первую очередь используемых мер электрозащиты, из которых основными являются устройства выравнивания электрических потенциалов (УВЭП), зануление и, в последнее время, устройств защитного отключения.

Однако, эффективность защиты животных от поражения электрическим током путем выполнения УВЭП из стержневых заземлителей с увеличением расстояния между ними от периферии к центру по арифметической прогрессии не всегда может быть обеспечена и при известных параметрах УВЭП [1] зависит, в первую очередь, от удельного электрического сопротивления грунта в месте строительства. Расчеты показывают, что напряжение прикосновения превышает допустимое значение (12 В) при удельном электрическом сопротивлении грунта $\rho > 60$ Ом·м, что наблюдается достаточно часто (таблица).

Таблица

Показатели эффективности УВЭП

Уд. сопр. грунта, ρ , Ом·м	Диаметр стержня УВЭП, D , мм	Сопротивл. одиноч. заземлителя, R_I , Ом	Эквивалент. сопротивл. R_n , Ом	Ток замыкания I_z , А	Потенциал точки ϕ_x , В	Напряж. Прикосновения $U_{пр}$, В	Напряж. шага U_m , В
10	0,018	8,08	0,3	51,2	19,6	2,7	1,6
20	0,014	16,9	0,61	47,7	36,5	5,1	2,9
60	0,014	50,7	1,83	37,7	86,4	12,1	6,9
70	0,014	59,1	2,23	35,1	93,9	13,1	7,5
100	0,014	84,5	3,19	30,6	116,9	16,4	9,4
140	0,012	121,9	4,6	25,6	137,0	19,2	11,0

Зануление — это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Принцип действия зануления — превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание (между фазным и нулевым проводником) с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и автоматически отключить поврежденное электрооборудование от питающей сети. В качестве отключающих аппаратов используются: плавкие предохранители, автоматические выключатели, магнитные пускатели.

Однако при эксплуатации электроустановок на фермах могут возникнуть ситуации, связанные с различной степенью опасности, в первую очередь при пробое напряжения на корпус (протяженную металлоконструкцию).

Например, если нулевой защитный проводник оборван, то при замыкании фазы на корпус по цепи, образовавшейся через землю, будет проходить ток I_3 :

$$I_3 = \frac{U_\phi}{r_{om} + r_3},$$

где: r_3 — сопротивление выравнивающих проводников; r_{om} — сопротивление контура заземления подстанции в совокупности с сопротивлениями повторных заземлений.

На корпусе возникнет напряжение относительно земли U_k :

$$U_k = U_\phi \frac{r_3}{r_{om} + r_3},$$

$$r_{om} = \frac{r_o r_n}{r_o + r_n}$$

В приведенных выше формулах не учтены сопротивления обмотки трансформатора и проводов сети, так как они малы по сравнению с r_o и r_n .

Ток I_3 может оказаться недостаточным, чтобы вызвать срабатывание защиты, т. е. установка может не отключиться.

Более того, в нулевом проводе сети и на зануленных электроустановках этой сети, т. е. выполненных правильно, появится напряжение U_o :

$$U_o = U_\phi \frac{r_{om}}{r_{om} + r_3}.$$

Поэтому выполнение устройств выравнивания электрических потенциалов на фермах без зануления крайне опасно.

Защитным отключением в электроустановках до 1 кВ называется автоматическое отключение всех фаз (полусов) участка сети, обеспечивающее безопасные для человека (животных) сочетания тока и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижении уровня изоляции ниже определенного значения. В последнем случае, (при снижении сопротивления изоляции), а также при прикосновении к фазе УВЭП и зануление не эффективно, поэтому устройство защитного отключения здесь незаменимо.

В УЗО реагирующем на токи утечки, которое является наиболее перспективным в животноводческих помещениях в качестве датчика используют трансформатор тока тороидального типа, в которой роль первичной обмотки выполняют фазные проводники.

В этой связи можно рекомендовать наиболее простой способ определения тока уставки данного УЗО:

$$I_{уст} = U_{пр.ом} \cdot K_o / R_{ж},$$

где $R_{ж}$ — электрическое сопротивление тела животного, Ом; K_o — коэффициент в комплексной форме, определяющий соотношение между проводимостями относительно земли участков сети, находящихся по обе стороны УЗО дифференциального типа; выражение для этого коэффициента сложно, однако если проводимость участка сети в зоне защиты близка к проводимости незащищенного участка, то $K_o \approx 1$.

Приняв электрическое сопротивление тела коровы $R_{ж}=400$ Ом, а $U_{пр.доп.}=12$ В, получим: $I_{уст.}=30$ мА. Устройствами защитного отключения в животноводческих помещениях должны быть оснащены розеточные группы, используемые для подключения переносных электроприборов, ручного электрифицированного инструмента с номинальным отключающим дифференциальным током УЗО (током уставки $I_{уст.}$) не более 30 мА. Для обеспечения пожарной безопасности ферм с целью контроля состояния всей электропроводки на вводном распределительном щите целесообразно установить УЗО с током уставки 300 мА.

Таким образом, для эффективной защиты от поражения электрическим током в животноводческих помещениях необходимо использовать в едином комплексе зануление электрооборудования (система *TN-C-S*), выравнивание и уравнивание электрических потенциалов, защитное отключение при одновременном применении оболочек электрооборудования не ниже класса IP 35.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД ВУ 008.609.90-099-2005. Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Выравнивание электрических потенциалов. Общие технические требования. – 38 с.
4. Федорчук А.И. Охрана труда в животноводстве / А.И.Федорчук – Мн.: Международный центр интеграционной информации. – 2008. – 172 с.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Шевчик Н.Е. к.т.н., доц., Зеленькевич А.И., ст.препод., Косько А.Н.
 УО "Белорусский государственный аграрный технический университет"
 г. Минск, Республика Беларусь

Развитие электромашиностроения до недавнего времени шло по пути увеличения удельных нагрузок (экономия материалов), и критерием оптимальной нагрузки была допустимая температура обмоток. При проектировании электрических двигателей потери энергии и связанный с ними коэффициент полезного действия (КПД) были на втором плане. Связано это было с тем, что стоимость электроэнергии в бывшем СССР была сравнительно невысокая.

В связи с повышением цен на электроэнергию соотношение приоритетов стало несколько иное, и стало экономически целесообразно изготавливать электрические двигатели с меньшими удельными нагрузками и большим КПД. Из всех, производимых промышленностью двигателей, на асинхронные (АД) приходится около 70%.

При проектировании энергосберегающего двигателя снижают плотность тока и магнитную индукцию в рамках основного габарита.

Как известно в АД имеют место следующие потери: электрические, в обмотках статора и ротора $\Delta P_{эл}$; магнитные, в стали статора и ротора $\Delta P_{м}$; механические, потери, вызванные трением в подшипниках и вентилятора о воздух $\Delta P_{мех}$; добавочные, все другие не учтенные ранее $\Delta P_{доб}$.

Снижение плотности тока в обмотках достигается увеличением сечения их обмоточного провода, что приводит к уменьшению активного сопротивления короткого замыкания двигателя r_k , и, согласно формуле (1), к снижению электрических потерь:

$$\Delta P_{эл} \downarrow = ml^2 r_k \downarrow, \quad (1)$$

где m — количество фаз; l — ток статора, А.

Также меньшее сопротивление короткого замыкания вызовет больший пусковой ток I_n :