

Третий вариант предполагает, что племенные предприятия получают «премию» за выполнение договорных обязательств.

Практическое применение разработанных вариантов ценообразования на ремонтный молодняк в рамках межхозяйственной кооперации позволит, во-первых, создать условия для организации и функционирования устойчивого производства, как в племенных, так и откормочных предприятиях, во-вторых, обеспечить рост генетического потенциала эффективности производства свинины и формирование резистентности животных к воздействию патогенных микроорганизмов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В погоне за мясностью свинины нельзя терять традиции и качество [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/zhivotnovodstvo/nikolaj-loban-v-pogone-za-mjasnostju-svininy-nelzja-terjat-tradicii-i-kachestvo>. – Дата доступа: 14.01.2018.
2. Преимущества белорусских пород свиней [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/zhivotnovodstvo/o-preimuschestvah-belorusskih-porod-svinej>. – Дата доступа: 14.01.2018.
3. Шейко, И. Ведущая порода свиней в Беларуси / И. Шейко // Белорусское сельское хозяйство. – 2016. – №3. – С. 34-37.
4. Шейко, И.П. Инновационная деятельность в свиноводстве Беларуси / И.П. Шейко // Перспективы развития свиноводства стран СНГ: сб. науч. тр. по материалам XXV Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 23–24 августа 2018 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по животноводству; редкол.: И.П. Шейко [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2018. – С. 3-12.
5. Шейко, И.П. Ускорение пороодообразовательного процесса в свиноводстве на основе комплекса селекционно-генетических методов / И.П. Шейко, Н.А. Лобан // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2015. – №4. – С. 75-79.
6. Павлович, П. Не боимся увеличивать сроки откорма, чтобы повысить рентабельность / П. Павлович // Белорусское сельское хозяйство. – 2018. – №10. – С. 30-36.
7. Рецепты конкурентоспособности для белорусской «шкварки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/ispitano-na-sele/recepty-konkurentosposobnosti-dlja-belorusskoj-shkvarki>. – Дата доступа: 14.01.2018.
8. Шейко, И. Белорусское свиноводство должно базироваться на отечественном генофонде / И. Шейко // Белорусское сельское хозяйство. – 2015. – № 6. – С.4-7.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.03.2019

УДК 631.37:33

РАСЧЕТ УЩЕРБА ОТ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Н. Г. Королевич,

зав. каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

Г. И. Янукович,

профессор каф. электроснабжения БГАТУ, канд. техн. наук

Е.А. Тюнина,

ст. преподаватель каф. электроснабжения БГАТУ

В статье приведена методика расчета ущерба от отклонения напряжения в осветительных установках.

Ключевые слова: электроэнергия, отклонение напряжения, осветительные установки.

The article presents the method of calculating the damage from the voltage deviation in lighting installations.

Keywords: electricity, voltage deviation, lighting installations.

Введение

Одним из показателей качества электрической энергии является отклонение напряжения от номинального значения. Ранее существовавший ГОСТ 13109 – 97 допускал отклонение напряжения у потребителей в пределах $\pm 5\%$. Вновь принятый

ГОСТ 32144-2013, который вступил в действие 1 апреля 2016 года, допускает отклонение напряжения в пределах $\pm 10\%$. В статье приводится методика расчета ущерба в осветительных установках от отклонения напряжения в допустимых ныне действующим стандартом пределах. Показано влияние данных отклонений напряжения на потребителя.

Основная часть

Определим ущерб при отклонении напряжения от номинального для наиболее распространенных потребителей в осветительных установках. Осветительные установки могут быть с лампами накаливания, люминесцентными и другими.

Рассмотрим лампы накаливания. Изменение потребляемой энергии при напряжении, отличном от номинального, определяется по формуле:

$$\Delta W = W - W_n, \quad (1)$$

где W – потребляемая энергия при напряжении, отличном от номинального, кВт·ч;

W_n – потребляемая энергия при номинальном напряжении, кВт·ч.

Ущерб для ламп накаливания при питании от напряжения, отличного от номинального, состоит из следующих составляющих [1, 2]:

$$Y_{\text{лн}} = Y_{\text{ан}} + Y_{\text{сн}} + Y_{\text{пн}}, \quad (2)$$

где $Y_{\text{ан}}$ – ущерб от изменения потребления активной мощности для ламп накаливания, руб.;

$Y_{\text{сн}}$ – ущерб от изменения срока службы ламп накаливания, руб.;

$Y_{\text{пн}}$ – ущерб от изменения производительности труда при изменении напряжения в лампах накаливания, руб.

Ущерб от дополнительного потребления активной мощности для ламп накаливания можно определить по выражению:

$$Y_{\text{ан}} = c_1 \Delta W = c_1 \delta P T_p, \quad (3)$$

где $\delta P = 1,5 P_n \delta U$ – дополнительное потребление активной мощности при напряжении, отличном от номинального, кВт;

P_n – номинальная мощность лампы накаливания, Вт;

δU – отклонение напряжения от номинального, В;

c_1 – тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч.

Ущерб от изменения срока службы лампы накаливания определим по формуле:

$$Y_{\text{сн}} = p K_{\text{л}} \left(\frac{1}{T_*} - 1 \right) \frac{T}{T_r}, \quad (4)$$

где $p = 1/T$ – коэффициент амортизации;

$K_{\text{л}}$ – стоимость лампы, руб.;

T_* – относительное изменение срока службы

лампы при отклонениях напряжения;

T – срок службы лампы при номинальном напряжении, ч;

T_r – годовое время использования лампы, ч.

Относительное изменение срока службы лампы накаливания при отклонениях напряжения

$$T_* = 1 - 10\delta U + 25\delta U^2. \quad (5)$$

Ущерб от изменения производительности труда при изменении напряжения для сельскохозяйственной организации определять не будем, так как существует много факторов, которые учесть сложно.

При расчете примем: мощность лампы накаливания $P_n = 60$ Вт;

тариф на электроэнергию примем $C_1 = 0,2$ руб/кВт·ч; стоимость одной лампочки накаливания

$C_2 = 0,63$ руб;

нормативный срок службы лампы накаливания $T_n = 1000$ ч;

время работы осветительной установки при двухсменной работе примем $T_r = 800$ ч.

После произведенного расчета по приведенным выше формулам получим размеры ущербов от изменения потребления активной мощности и от изменения срока службы лампы накаливания в зависимости от отклонения напряжения в пределах допустимого значения по ГОСТ ± 10 %. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость ущербов от изменения потребления активной мощности и срока службы лампы накаливания от отклонения напряжения, руб.

$\delta U, \%$	- 10	- 5	0	+ 5	+ 10
Вид ущерба					
$Y_{\text{ан}}$	- 1,44000	- 0,7200	0	0,7200	1,4400
$Y_{\text{сн}}$	- 0,00044	- 0,0003	0	0,0006	0,0024
$Y_{\text{лн}} \sum$	- 1,44044	- 0,7203	0	0,7206	1,4424

В таблице 1 ущерб приведен только для одной лампы накаливания при ее работе на напряжении, отличном от номинального. В хозяйствах, в административных и служебных помещениях, а также жилых зданиях может быть большое количество таких ламп. В таблице 2 приведен ущерб от некачественного напряжения для большого количества ламп накаливания при работе их на повышенном напряжении на 5 и 10 % от номинального.

Таблица 2. Зависимость ущерба от отклонения напряжения в лампах накаливания от их количества при работе на повышенном напряжении, руб.

$\delta U, \%$	Штук	1	5	10	20	25	50	100	200	400
+10		1,4424	7,21	14,42	28,84	36,06	72,12	144,24	288,48	576,96
+5		0,7206	3,603	7,206	14,41	18,02	36,04	72,08	144,16	288,32

Как следует из таблицы, ущерб для потребителя в год только от работы одной лампочки при повышенном напряжении в допустимых стандартом пределах больше стоимости самой лампы. А для 100 штук лампочек он составит 144,24 руб.

При работе лампы накаливания на пониженном напряжении, естественно, срок службы ее возрастает. Однако изменение напряжения приводит к изменениям светового потока и освещенности, что в конечном итоге оказывает влияние на производительность труда и утомляемость человека. Так, при уменьшении напряжения на 1 % световой поток снизится на 3,5 %, световая отдача – на 1,8%, а мощность лампы – на 1,5 %. При повышении напряжения на 1 % срок службы лампы уменьшается на 13 %. При повышении напряжения на 5 % от номинального срок службы лампы накаливания сокращается почти в 3 раза и составляет 350 ч. вместо 1000 ч. При напряжении 95 % от номинального световой поток лампы составляет 82,5 %.

Люминесцентные лампы. Ущерб для люминесцентных ламп при питании их от напряжения, отличного от номинального, определяется по такой же формуле, как и для ламп накаливания, но только добавляется ущерб от реактивной мощности (6):

$$Y_{\text{лл}} = Y_{\text{ал}} + Y_{\text{рл}} + Y_{\text{сл}} + Y_{\text{пл}}, \quad (6)$$

где $Y_{\text{ал}}$ – ущерб от изменения потребления активной мощности люминесцентной лампы, руб.;

$Y_{\text{рл}}$ – ущерб от изменения потребления реактивной мощности люминесцентной лампы, руб.;

$Y_{\text{сл}}$ – ущерб от изменения срока службы люминесцентной лампы, руб.;

$Y_{\text{пл}}$ – ущерб от изменения производительности труда при изменении напряжения на люминесцентной лампе, руб.

Дополнительное потребление активной мощности для люминесцентных ламп, включенных по схеме с расщепленной фазой:

$$\delta P = 3,75P_{\text{н}} \delta U. \quad (7)$$

Стоимость потребления активной энергии люминесцентными лампами:

$$Y_{\text{ал}} = C_1 \cdot \delta P \cdot T_{\text{г}}, \quad (8)$$

где C_1 – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии (тариф), $C_1 = 0,2$ руб./кВт·ч;

$T_{\text{г}}$ – время работы лампы в году (8000 ч).

Дополнительное потребление люминесцентными лампами реактивной мощности при питании их от напряжения, отличного от номинального, включенными по схеме с расщепленной фазой, определяется по формуле:

$$\delta Q = 2,15P_{\text{н}}(3 \delta U + 1,8 \delta U^2). \quad (9)$$

Годовой ущерб от изменения потребления люминесцентными лампами реактивной мощности можно определить, умножив величину дополнительного потребления ими реактивной мощности на приведенные затраты на компенсацию одного квар реактивной мощности:

$$Y_{\text{рл}} = \delta Q \cdot Z_{\text{рк}}, \quad (10)$$

где $Z_{\text{рк}}$ – на приведенные затраты на 1 квар реактивной мощности конденсаторов.

Приведенные затраты на компенсацию одного квар реактивной мощности можно определить по формуле [3]:

$$Z_{\text{рк}} = EK_{\text{рк}} + \Delta P_{\text{рк}} c_1 T, \quad (11)$$

где $E = 0,22$ – суммарный коэффициент отчислений от капитальных затрат для конденсаторов;

$K_{\text{рк}} = 30$ руб./квар – капитальные затраты на 1 квар низковольтных конденсаторов;

$\Delta P_{\text{рк}} = 0,004$ кВт/квар – потери активной мощности на 1 квар выдаваемой реактивной мощности.

Ущерб от изменения срока службы люминесцентной лампы определяется так же, как и для лампы накаливания по формуле (4). Только формула для определения относительного изменения срока службы люминесцентной лампы при отклонениях напряжения имеет другой вид:

$$T_{\text{г}} = 1 - 3\delta U. \quad (12)$$

Подставив в вышеприведенные выражения параметры люминесцентной лампы, и проведя необходимые расчеты, получим размеры ущербов от изменения потребления активной мощности и реактивной энергии в зависимости от отклонения напряжения в пределах допустимого значения по ГОСТ ± 10 %. Мощность лампы принята 21 Вт, чтобы освещенность была соизмерима с мощностью лампы накаливания. Срок службы люминесцентной лампы составляет 8000 часов. Результаты расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3. Зависимость дополнительного потребления активной мощности, реактивной мощности и ущербов люминесцентной лампы от отклонения напряжения

$\delta U, \%$	- 10	- 5	0	+ 5	+ 10
δP , кВт	- 0,0075	- 0,00375	0	0,00375	0,0075
δQ , квар	- 0,012	- 0,006	0	0,0066	0,0137
$Y_{\text{ал}}$, руб.	- 12	- 6	0	6	12
$Y_{\text{рл}}$, руб.	- 0,156	- 0,078	0	0,086	0,178
$Y_{\text{сл}}$, руб.	-0,0007	-0,0003	0	0,0005	0,0013
$Y_{\text{л}} \sum$, руб.	-12,1567	-6,0783	0	6,0865	12,1793

Таблица 4. Зависимость ущерба от отклонения напряжения в люминесцентных лампах от их количества при работе на повышенном напряжении, рублей

$\delta U, \%$ \ Штук	1	5	10	20	25	50	100	200	400
+10	12,18	60,90	121,80	243,60	304,50	609,0	1218	2436	4872
+5	6,09	30,45	60,90	121,80	152,25	304,50	609,0	1218	2436

В таблице 3 ущерб приведен только для одной лампы. Ущерб от некачественного напряжения для большого количества люминесцентных ламп при работе их на повышенном напряжении, которые могут быть в организации, можно определить путем интерполяции по таблице 4.

Как видно из таблицы, при работе люминесцентных ламп при повышенном напряжении в пределах стандарта ущерб для одной лампы в год составит 12,18 руб., а для 100 ламп – более 1200 руб.

Люминесцентные лампы менее чувствительны к отклонениям напряжения. При повышении напряжения потребляемая мощность и световой поток увеличиваются, а при снижении – уменьшаются, но не в такой степени как у ламп накаливания.

При отклонении напряжения в пределах $\pm 1 \%$ световой поток изменяется на $\pm 1 \%$, световая отдача – всего на $\pm 0,5 \%$.

Однако при напряжении 93-94 % номинального, лампа не загорается, а при напряжении 106-107 % номинального – перегревается вспомогательная аппаратура.

При пониженном напряжении условия зажигания люминесцентных ламп ухудшаются, поэтому срок их службы, определяемый распылением оксидного покрытия электродов, сокращается, как при отрицательных, так и при положительных отклонениях напряжения.

При отклонениях напряжения на 10 % срок службы люминесцентных ламп в среднем снижается на 20-25 %. Существенным недостатком люминесцентных ламп является потребление ими реактивной мощности, которая растет с увеличением подводимого к ним напряжения

Энергосберегающие и светодиодные лампы. Технические характеристики этих ламп от напряжения не зависят. Наиболее экономичными являются светодиодные лампы. Световая отдача их около 200 лм/Вт, срок службы – 50 000 часов, потребляемая мощность лампы, например, СД-9 – 8 Вт. Однако в распределительных сетях из-за светодиодных источников света наблюдается значительное искажение формы кривых тока, что во многих случаях превышает пределы, определяемые международными стандартами. Такие источники света, кроме того, приводят к росту тока в нулевом проводе даже при полностью

симметричной нагрузке. Это увеличение тока может привести к аварийным ситуациям из-за перегорания нулевого провода [4]. Ущерб определить при такой ситуации весьма сложно, так как он зависит от схемы электроснабжения и вида электроприемников.

Заключение

1. Приведена методика расчета ущерба в осветительных установках от отклонения напряжения в допустимых стандартом пределах $\pm 10 \%$.

2. Показано, что работа ламп накаливания и люминесцентных ламп при напряжении, выше номинального на 5 %, недопустима, так как это приводит к снижению срока их работы, что наносит значительный ущерб предприятию АПК.

3. По мнению авторов, целесообразно внести изменение в ГОСТ 32144-2013, запрещающее работу осветительных установок при отклонении напряжения, превышающем пределы $\pm 5 \%$.

СПИСК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янукович, Г. И. Пути улучшения показателей несимметрии и несинусоидальности напряжения в сельскохозяйственных электроустановках / Г.И. Янукович – Минск: БГАТУ, 2013. – 216 с.

2. Карпова, Э.Л. Методические указания по определению экономической эффективности автоматического регулирования напряжения в цеховых электрических сетях / Э.Л. Карпова. – Дзержинск: Горьковское областное управление издательств, 1986. – 45 с.

3. Радкевич, В. Н. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. пособие / В. Н. Радкевич, В. Б. Козловская, И. В. Колосова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 589 с.

4. Боярская, Н.П. Влияние светодиодных источников света на спектр токов и напряжений питающей сети. Энергообеспечение и электротехнологии / Н.П. Боярская, В.П. Довгун // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 3. – С. 195 – 199

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.03.2019