

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Известия ТСХА, выпуск 2, 1987 год

УДК 63:621.311:519.21

ФОРМА ЗАВИСИМОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ВВОДЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ОТ ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

В. А. ВОРОБЬЕВ

(Кафедра электрификации с.-х. производства)

Установлена геометрическая зависимость вероятности появления электрической нагрузки на вводе предприятия от числа работающих электроприемников и их мощностей. Эта зависимость позволяет не только определить расчетную нагрузку на вводе предприятия, но и установить возможный диапазон ее изменения.

К настоящему времени проведены фундаментальные исследования электрических нагрузок на вводах сельскохозяйственных предприятий. Вместе с тем проблема повышения точности их определения остается весьма острой [1—3, 9, 10]. До сих пор плохо изучены основные закономерности формирования электрических нагрузок, ввиду чего проектировщики вынуждены пользоваться несовершенными методами их определения, что существенно снижает эффективность использования электрооборудования, предназначенного для электроснабжения предприятий [3].

В работах [4—6], которые основывались на представлении сельскохозяйственного предприятия в виде динамической системы, в которой происходит марковский процесс формирования электрических нагрузок, описаны удобные математические модели, из них выведены несложные формулы, позволяющие значительно повысить точность определения электрических нагрузок на вводах сельскохозяйственных предприятий. В то же время осталась невыясненной связь мощностей электроприемников предприятия с вероятностью появления

той или иной электрической нагрузки на его вводе. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что неопределенность в формировании электрических нагрузок обусловлена различиями в мощностях установленных на предприятии электроприемников.

В данной работе приводятся новые данные теоретического анализа указанной зависимости.

Искомая зависимость легко находится в результате следующих несложных рассуждений. Например, на предприятии установлено n электроприемников, имеющих одинаковые мощности. Распределение числа работающих электроприемников, как показано в [4], подчиняется асимптотическому закону Пуассона. Чтобы перейти от распределения числа работающих электроприемников к распределению электрических

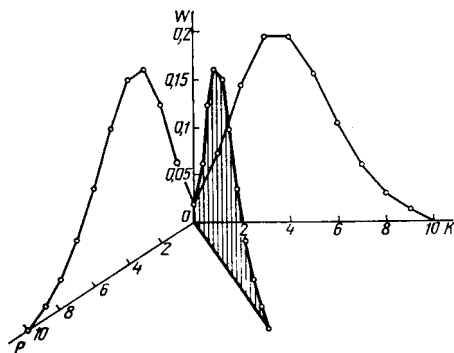


Рис. 1. Форма зависимости вероятности появления электрической нагрузки на вводе предприятия от числа работающих электроприемников при одинаковых их мощностях ($n=10$).

нагрузок, достаточно значения абсциссы умножить на мощность одного электроприемника. Графически это можно представить следующим образом (рис. 1).

Зависимость мощности P от числа работающих электроприемников k при одинаковых мощностях последних P_c в данном случае имеет вид $P = P_c k$ и на горизонтальной плоскости выглядит в виде прямой, проходящей через начало координат. Зависимость вероятности нагрузки от числа работающих одинаковых по мощности электроприемников имеет вид плоскости, перпендикулярной горизонтальной плоскости и ограниченной сверху кривой, проекции которой на фронтальную плоскость (число работающих электроприемников) и на профильную плоскость (электрическая нагрузка) описываются асимптотическим законом Пуассона.

Значения мощностей групп работающих электроприемников (n=10)

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_{\min}	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55
P_{\max}	10	19	27	34	40	45	49	52	54	55

Однако на сельскохозяйственных предприятиях мощности электроприемников крайне редко бывают одинаковыми. В основном они различаются, иногда очень значительно. При этом форма искомой зависимости усложняется. Чтобы установить ее, достаточно рассмотреть несколько групп электроприемников, у которых мощности различаются. Например, возьмем группу, состоящую из 10 электроприемников, мощности которых различаются (на 1 кВт). Указанный ряд мощностей электроприемников можно представить в виде арифметической прогрессии с разностью, равной 1 кВт. Основные расчеты приведены в таблице, из которой видно, что мощность работающих электроприемников может изменяться в значительных пределах. Например, мощность трех работающих электроприемников может быть равна $P^3_{\min} = 1 + 2 + 3 = 6$ кВт и $P^3_{\max} = 8 + 9 + 10 = 27$ кВт, т. е. как при регулярном, так и при случайном режиме работы суммарная электрическая нагрузка электроприемников может значительно изменяться. Для всех других соотношений числа работающих электроприемников и их мощностей справедливы установленные нами зависимости

$$P^k_{\min} = \sum_{m=1}^k P_m \text{ и } P^k_{\max} = \sum_{m=n-k}^n P_m.$$

Нанося точки, соответствующие числам работающих электроприемников и значениям их мощностей на горизонтальную плоскость, получим две пересекающиеся кривые выпуклостью наружу, как показано на рис. 2. Первая точка пересечения полученных кривых находится в начале координат, вторая соответствует случаю, когда включены все электроприемники. Полученная фигура является основанием (подшовой) искомой зависимости.

Проецируя ранее установленную зависимость (асимптотический закон Пуассона) с фронтальной плоскости и полученную графическую зависимость с горизонтальной плоскости на профильную плоскость, получим график, который ограничивает область возможных плотностей электрических нагрузок предприятия. Этот график, как видно из рис. 2, представлен двумя кривыми, одна из которых ограничивает распределение минимальных значений электрических нагрузок, а другая — максимальных. Из этих графиков видны границы изменений электрических нагрузок на вводе сельскохозяйственного предприятия. Из-за объемного

наложения на распределение числа работающих электроприемников значений их мощностей аналитически зависимость $w(P_c, k)$ выразить трудно. Этим, вероятно, и определяются разноречивые суждения о характере распределений электрических нагрузок, встречающиеся в литературе [2, 8]. Только после анализа влияния значений мощности электроприемников на распределение электрических нагрузок становится вполне очевидным, что внутри области, ограниченной полученной графической зависимостью, гистограммы электрических нагрузок предприятия могут принимать самые причудливые очертания, которые в отдельных случаях трудно, а порой невозможно аппроксимировать какой-либо плотностью распределения.

Проведенный нами анализ еще раз подтверждает положение о том, что первоосновой в формировании электрических нагрузок на вводах любых объектов является распределение числа работающих электроприемников, т. е. распределение числа работающих электроприемников является первичным, а комбинационные совокупности мощностей отдельных электроприемников — вторичным.

На основании полученной зависимости можно построить поверхность, которая определяет все возможные изменения электрических нагрузок для определенного предприятия. Эту поверхность легко построить, используя фронтальную и основную проекции. Общий вид этой поверхности для предприятия, имеющего 10 электроприемников, представлен на рис. 2. Из него видно, что указанная поверхность имеет вид клина, сечение которого к правому концу бесконечно уменьшается. По форме данной поверхности также видно, что возможная точность определения электрических нагрузок возрастает к концу клина и уменьшается к его середине. Это объясняется соответственно меньшим и большим диапазоном изменений электрических нагрузок группы электроприемников, что, естественно, влияет на точность расчета электрических нагрузок предприятий.

Полученная трехмерная зависимость дает возможность не только повысить точность предсказания максимальных электрических нагрузок, но и четко очертить их возможные границы, чего не позволяет сделать ни один из существующих способов расчета электрических нагрузок. Так, для случая, представленного в таблице и на рис. 2, кроме вероятностной составляющей, определяющей расчетную нагрузку, добавляется комбинационно-вероятностная составляющая, определяющая границы изменения расчетной нагрузки.

Исходя из результатов, полученных ранее и изложенных в данной работе, появляется возможность выразить зависимость расчетных электрических нагрузок от режимов работы электроприемников и их мощностей.

$$\left. \begin{aligned} P_p^{\max} &= \sum_{m=n-2,49a^{0,82}+2,23}^n P_m \\ P_p^{\min} &= \sum_{m=1}^{2,49a^{0,82}+2,23} P_m \end{aligned} \right\} \text{при } a \leq 45$$

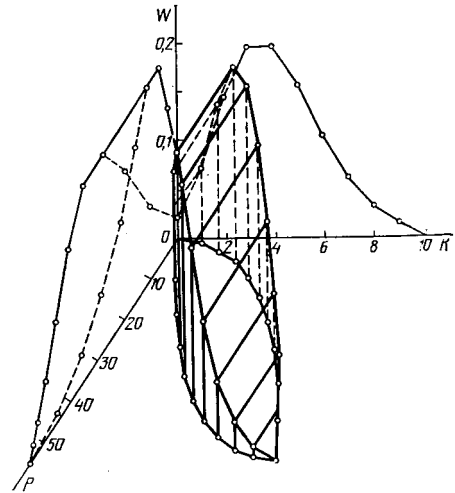


Рис. 2. Форма зависимости вероятности появления электрической нагрузки на вводе предприятия от числа работающих электроприемников при неодинаковых их мощностях ($n=10$).

$$\left. \begin{aligned} P_p^{\max} &= \sum_{m=1,07a+13,27}^n \\ P_p^{\min} &= \sum_{m=1}^{1,07a+13,27} P_m \end{aligned} \right\} \text{при } a \geq 45,$$

где P_p^{\max} ; P_p^{\min} — расчетные максимальные и минимальные мощности предприятия (объекта); P_m — мощности электроприемников; a , n — среднее и общее число электроприемников; m — текущий номер электроприемника.

Таким образом, установлена новая зависимость, геометрически определяемая сложной поверхностью, которая позволяет расширить представления об основных закономерностях формирования электрических нагрузок сельскохозяйственных предприятий. Использование этой зависимости дает возможность не только повысить точность предказания расчетных электрических нагрузок предприятия, но и четко указать диапазон возможного их изменения, что позволит повысить эффективность использования электрооборудования для электроснабжения сельскохозяйственного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев И. Г., Пястолов А. А. Нагрузка трансформаторов сельских сетей. — Тр. ЧИМЭСХ. Челябинск, 1975, вып. 106, с. 57—58. — 2. Волобринский С. Д., Ка я лов Г. М., Клейн П. Н. и др. Электрические нагрузки промышленных предприятий. М.; Л.: Энергия, 1964. — 3. Волосатое О. П., Молосно в Н. Ф. Электроснабжение комплексов по производству продукции животноводства на индустриальной основе. — В кн.: Повышение качества электроснабжения сельск. хоз-ва. М.: ВИЭСХ, 1978, т. 45, с. 32—43. — 4. Воробьев В. А. Распределение числа работающих электроприемников на сельскохозяйственном предприятии. — Изв. ТСХА, 1982, вып. 4, с. 157—164. — 5. Воробьев В. А. Особенности работы электроприемников сельскохозяйственного предприятия. — Механизация и электрификация сельск. хоз-ва, 1984, № 5, с. 40—44. — 6. Воробьев В. А. Расчет электрических нагрузок на вводах животноводческих объектов. — Изв. ТСХА, 1986, вып. 1, с. 173—178. — 7. Григорьев Н. Д. Загрузка сельских трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ в Центральной Нечерноземной зоне РСФСР. — Сб. науч. тр. МИИСП, 1978, № 5, с. 82—84. — 8. Конечный В. П. Электроснабжение сельского хозяйства. — Науч. техн. бюл. по электрификации сельск. хоз-ва. М.: ВИЭСХ, 1980, вып. 1/40, с. 6—9. — 9. Кривошей Н. Г. Определение расчетных электрических нагрузок при проектировании ферм и комплексов крупного рогатого скота. — Науч.-техн. бюл. по механизации и электрификации животноводства. 1978, вып. 10, с. 102—107. — 10. Кудрин Б. И. Проблемы расчета электрических нагрузок. — В кн.: Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения промышленных предприятий. М.: МДНТП, 1984, с. 37—43.

Статья поступила 8 сентября 1986 г.

SUMMARY

Geometrical relationship has been established between probability of electrical load at the lead-in of an enterprise and the number of operating electric detectors and their capacities, which is wedge-shaped. This relationship allows not only to determine the calculated load at the enterprise lead-in, but also to find the potential range of its variation.