

В. В. НАЗИМОВ
Кафедра электрификации

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МЕТОДОМ ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИВЫХ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

В решениях партии и правительства, опубликованных за последние годы, указываются пути крутого подъема сельского хозяйства, ставится задача резкого сокращения затрат труда и материалов на производство единицы продукции, получения максимального хозяйственного эффекта на основе проведения комплексной механизации процессов сельскохозяйственного производства.

Комплексная механизация сельского хозяйства сопровождается все возрастающим ростом энергетической базы его. В условиях Иркутской области энергетическая база мобильных процессов сельскохозяйственного производства в настоящее время представлена тепловыми двигателями (тракторные, автомобильные и двигатели комбайнов). В связи со строительством мощной энергосистемы реки Ангары открываются большие возможности применения электротракторов и электрифицированных агрегатов по посеву, обработке и уборке полевых культур и трав.

В овощеводстве в ближайшие годы удельный вес электроэнергетической базы, в особенности с внедрением электрообогрева закрытого грунта, сильно возрастает. Комплексная механизация животноводства уже в настоящее время в основном базируется на электроэнергетической базе.

Известно, что в колхозах и МТС установленная мощность трансформаторной подстанции определяется примерно в 100 квт, а в отдельных случаях и более; стоимость потребляемой за год электроэнергии в одном хозяйстве доходит до 150—200 тысяч рублей. Совершенно очевидно, что упорядочение вопроса использования энергоресурсов даст большой экономический эффект.

Без хорошо поставленного учета и анализа энергетических показателей хозяйства невозможно осуществить инженерный контроль за ходом производства, разработать производственный план с учетом использования всех явных и скрытых ресурсов хозяйства.

Между тем учет и анализ энергетических и технико-экономических показателей электрифицированных установок и источников электроснабжения в сельском хозяйстве поставлен чрезвычайно плохо. В лучшем случае здесь учитываются потребление электроэнергии и установленная мощность токоприемников, генераторов и силовых трансформаторов, чего для инженерного анализа производства далеко недостаточно.

В частности нас интересуют следующие энергетические и технико-экономические показатели по хозяйству в целом и по отдельным токоприемникам:

1. установленная мощность трансформаторов, генераторов и токоприемников в квт;

2. присоединенная мощность (потребляемая из сети) токоприемников в квт;

3. расчетная (максимальная) мощность токоприемников с учетом их коэффициентов полезного действия и загрузки в квт;

4. максимальная, минимальная и средняя мощность хозяйственного подразделения (цеха, бригады, мастерской и т. д.) и хозяйства в целом (колхоза, совхоза, МТС), в квт-ч;

5. потребление электроэнергии в квт по хозяйству в целом, по его подразделениям и отдельным токоприемникам за сутки, по отдельным периодам года и за год в целом;

6. коэффициент загрузки силовых трансформаторов и генераторов (отношение средней потребляемой мощности к предельной установленной мощности источника тока);

7. коэффициент спроса (отношение максимальной мощности графика нагрузок к сумме установленных мощностей токоприемников);

8. удельный расход мощности (установленной, присоединенной) на единичный производственный показатель, например на 1 тонну зерна, на 1 дойную корову и т. д.;

9. удельное потребление электроэнергии в квт-ч на единичный производственный показатель;

10. энерговооруженность труда в квт на одного рабочего, в квт-ч на один человеко-час работы.

Располагая этими данными, можно произвести анализ энергетических и технико-экономических показателей электрифици-

рованного хозяйства, вскрыть неиспользованные энергетические ресурсы и технические возможности его и, сделав соответствующие выводы, осуществить инженерное воздействие на дальнейшее совершенствование процессов сельскохозяйственного производства.

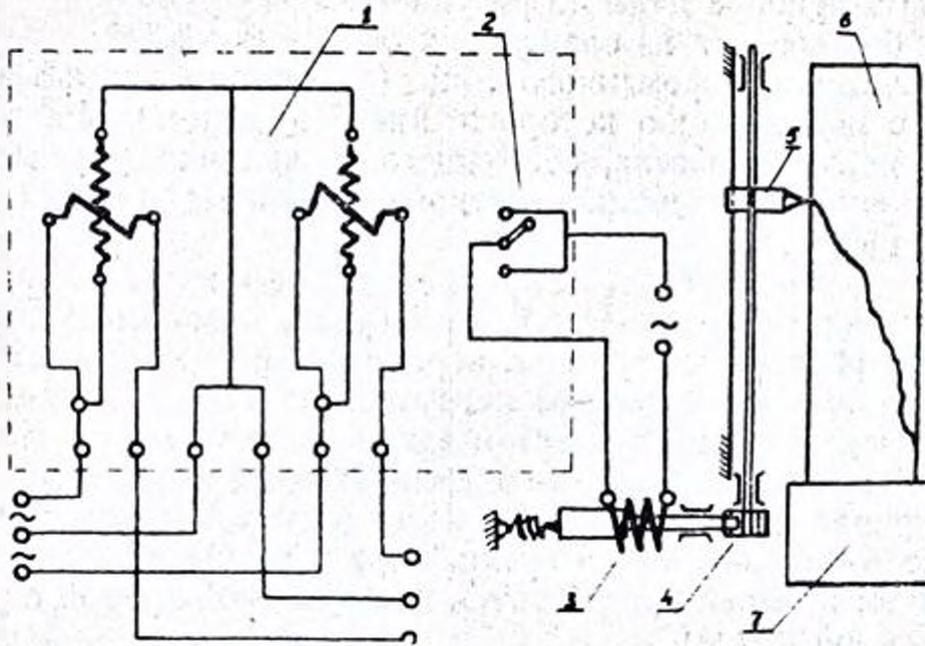


Рис. 1. Схема интегратора электроэнергии:

1 — счетчик электроэнергии; 2 — контактное устройство; 3 — электромагнитная катушка; 4 — передаточный механизм; 5 — перо для записи интегральной кривой; 6 — барабан; 7 — часовой механизм.

В течение ряда лет кафедрой электрификации сельского хозяйства Иркутского сельскохозяйственного института проводились измерения электрических нагрузок в сельском хозяйстве с выявлением всех перечисленных энергетических и технико-экономических показателей. Для этой цели использовались электроизмерительные приборы: вольтметры, амперметры, счетчики электрической энергии, самопишущие ваттметры и вольтметры, универсальные измерительные приборы — мультицеты. Техника измерения этими приборами в производственной обстановке оказалась чрезвычайно сложной, а результаты иногда получались недостаточно точными (например измерение мощности самопишущим ваттметром водонасосных установок со штанговыми насосами). В связи с этим, нами сделаны попытки сконструировать универсальный самопишущий при-

бор, при помощи которого можно было бы получить основные энергетические показатели электрифицированных установок в сельском хозяйстве.

Такой измерительный прибор — интегратор электроэнергии оформлен в двух вариантах: для однофазных нагрузок (ИЭ-1) и для трехфазных нагрузок (ИЭ-3).

Схема прибора дана на рисунке 1.

Прибор состоит из следующих основных частей:

1. Счетчика переменного тока (однофазного или трехфазного), в конструкцию которого внесено дополнение в виде контактного устройства, состоящего из кулачка, укрепленного на промежуточном валике счетного механизма, счетчика и латунной щетки.

2. Записывающего аппарата, состоящего из вращающегося барабана со скоростью 1 оборот в сутки, часового механизма, электромагнитной катушки и передаточного механизма с пером для записи измеряемой нагрузки.

Прибор фиксирует электрическую нагрузку в виде интегральной кривой энергопотребления. Особый интерес представляет кривая суточного потребления электроэнергии. (Рис. 2).

Энергопотребление за сутки $W_{сут}$ в квтч определяется положением крайней правой точки интегральной кривой с учетом масштабной шкалы.

Средняя взвешенная арифметическая мощность за сутки:

$$P_{ср. сут.} = \frac{W_{сут.}}{\Sigma t} = \frac{W_{сут.}}{24} \text{ квт.}$$

получается как частное от деления суточного потребления электроэнергии на время, в течение которого был заснят график (для суточных графиков — 24 часа).

Здесь:

$P_{ср.сут.}$ — средняя взвешенная арифметическая мощность за сутки в квт,

$W_{сут.}$ — суточное потребление электроэнергии в квтч,

Σt — количество часов (в суточном графике — 24 часа).

Средняя взвешенная арифметическая мощность за отдельный отрезок времени определяется формулой:

$$P_{ср} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \text{ квт, где:}$$

- $P_{ср.}$ — средняя взвешенная арифметическая мощность в кВт,
 $W_2 - W_1$ — потребление электроэнергии за данный отрезок времени (определяется разностью положения двух крайних точек отрезка интегральной кривой по вертикальной оси),
 t — время в часах.

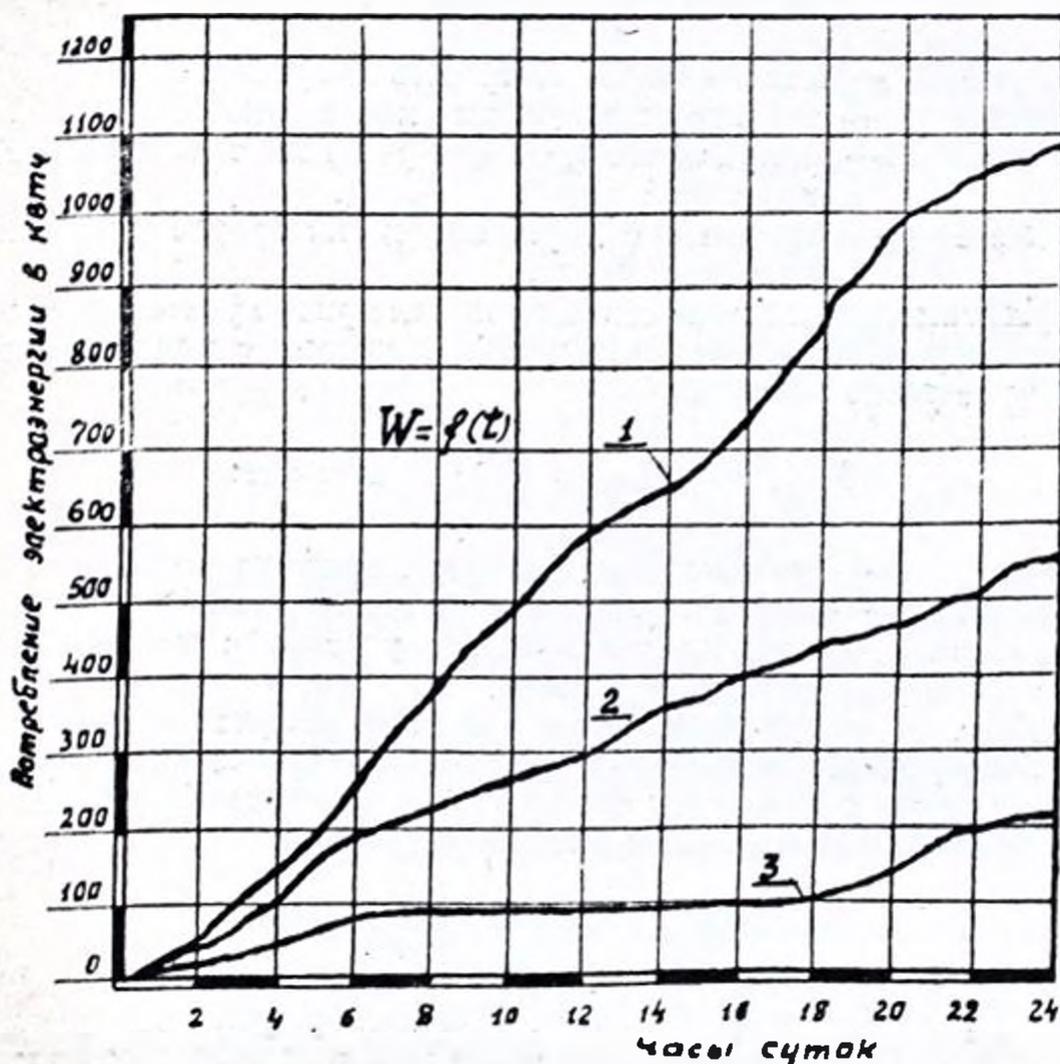


Рис. 2. Интегральные кривые энергопотребления молочно-товарной фермы:

1 — интегральная кривая суточного потребления электроэнергии зимнего периода; 2 — то же летнего периода; 3 — то же по освещению фермы.

Максимальная мощность по интегральной кривой определяется путем выделения на ней участка с наибольшей крутизной и нахождения первой производной от энергии по време-

ни, т. е. по значению тангенса угла наклона касательной к графику данной функции. Эта операция сводится к графическому дифференцированию, для чего приращивание функции участка с наибольшей крутизной делится на соответствующий отрезок времени.

$$P_{\text{макс.}} = \operatorname{tg} \theta_{\text{макс.}} = \frac{\Delta W_{\text{макс.}}}{\Delta t_{\text{макс.}}} \text{ квт.}, \text{ где}$$

- $P_{\text{макс}}$ — максимальная мощность графика в квт,
- $\operatorname{tg} \theta_{\text{макс}}$ — тангенс угла наклона касательной,
- $\Delta W_{\text{макс}}$ — приращение функции участка с наибольшей крутизной в квтч,
- $\Delta t_{\text{макс}}$ — приращение времени в интервале того же участка в часах.

Максимальная мощность получается при графическом дифференцировании отрезка интегральной кривой с наиболее отлогим ее расположением.

$$P_{\text{мин.}} = \operatorname{tg} \theta_{\text{мин.}} = \frac{\Delta W_{\text{мин.}}}{\Delta t_{\text{мин.}}} \text{ квт, где:}$$

- $P_{\text{мин.}}$ — минимальная мощность графика в квт,
- $\operatorname{tg} \theta_{\text{мин.}}$ — тангенс угла наклона касательной,
- $\Delta W_{\text{мин.}}$ — приращение функции участка с наименьшей крутизной в квтч,
- $\Delta t_{\text{мин.}}$ — приращение времени того же участка в часах.

Коэффициент заполнения графика электрических нагрузок определяется отношением средней взвешенной арифметической мощности к максимальной мощности графика:

$$K_3 = \frac{P_{\text{ср.}}}{P_{\text{макс.}}} = \frac{W_{\text{сут.}} \cdot \Delta t_{\text{макс.}}}{\Sigma_{\text{сут.}} \Delta W_{\text{макс.}}} \text{ где:}$$

- K_3 — коэффициент заполнения графика,
- $P_{\text{ср}}$ — средняя взвешенная арифметическая мощность в квт,
- $P_{\text{макс.}}$ — максимальная мощность графика в квт,
- $W_{\text{сут.}}$ — суточное потребление электроэнергии в квтч,
- $\Delta W_{\text{макс.}}$ — приращение электроэнергии участка-максимума в квтч,
- $\Delta t_{\text{макс.}}$ — приращение времени участка-максимума в часах,
- $\Sigma_{\text{сут.}}$ — суммарное время графика в часах.

Коэффициент одновременности может быть определен по интегральной кривой энергопотребления при наличии данных о сумме максимальных мощностей токоприемников, по которым определялась нагрузка.

$$K_0 = \frac{P_{\text{макс.}}}{\Sigma P_{\text{макс.}}} = \frac{\Delta W_{\text{макс.}}}{\Delta t_{\text{макс.}} \Sigma P_{\text{макс.}}}, \text{ где:}$$

- K_0 — коэффициент одновременности,
- $P_{\text{макс.}}$ — максимальная мощность графика в квт,
- $\Sigma P_{\text{макс.}}$ — сумма максимальных (расчетных) мощностей всех токоприемников в квт,
- $\Delta W_{\text{макс.}}$ — приращение электроэнергии участка-максимума в квтч,
- $\Delta t_{\text{макс.}}$ — приращение времени участка-максимума в часах.

Коэффициент спроса определяется при наличии данных о сумме номинальных (установленных) мощностей всех токоприемников, по которым определялась нагрузка.

$$K_c = \frac{P_{\text{макс.}}}{\Sigma P_n} = \frac{\Delta W_{\text{макс.}}}{\Delta t_{\text{макс.}}} \Sigma P_n, \text{ где:}$$

- K_c — коэффициент спроса,
- $P_{\text{макс.}}$ — максимальная мощность графика в квт,
- ΣP_n — сумма номинальных (установленных) мощностей всех токоприемников, по которым определялась нагрузка в квт,
- $\Delta W_{\text{макс.}}$ — приращение электроэнергии участка-максимума в квтч,
- $\Delta t_{\text{макс.}}$ — приращение времени участка-максимума в часах.

В случае необходимости по интегральной кривой потребления электроэнергии может быть построен график электрических нагрузок, т. е. произведен обратный процесс графического построения. График нагрузок по мощности строится по значению тангенса угла наклона касательной в разных точках интегральной кривой.

В результате исследования электрических нагрузок молочно-товарных ферм пригородной зоны г. Иркутска нами получены некоторые энергетические показатели. В качестве примера даются удельные энергетические показатели крупной молочно-товарной фермы с поголовьем 600 дойных коров. На одну дойную корову в этом случае имеем следующие показатели:

Установленная мощность силовой трансформаторной подстанции	0,125 квт.
Годовой расход электроэнергии	420 квтч.
Энерговооруженность труда на 1 рабочего по установленной мощности токоприемников	2,7 квт.
Энерговооруженность труда по энергии на 1 человеко-час	1,5 квтч.
Коэффициент спроса	0,42.

Фиксирование электрических нагрузок в виде интегральной кривой потребления электроэнергии с последующим графоаналитическим исследованием ее отличается простотой и наглядностью. При этом имеется возможность с достаточной степенью точности получить все основные энергетические показатели: расход электроэнергии за исследуемый период времени, максимальную, минимальную и средневзвешенную мощность, коэффициент заполнения графика, коэффициент спроса и коэффициент одновременности. Особенности этого метода заключаются в возможности нанесения нескольких интегральных кривых энергопотребления на один общий лист, что облегчает сравнительный анализ их.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мукосеев Ю. Л. Вопросы энергоснабжения промышленных предприятий. Госэнергоиздат. 1951.
2. Славин М. П. Электрические нагрузки и перичное распределение электроэнергии в промышленных предприятиях. 1949.
3. Назимов В. В. Комплексная механизация и электрификация животноводства в колхозах. Иркутское Облгиздательство. 1954.