

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Известия ТСХА, выпуск 4, 1986 год

УДК 631: [621.3.087+621.311.42+621.313.333

НОВЫЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. А. ВОРОБЬЕВ

(Кафедра электрификации с.-х. производства)

В статье описаны новые устройства, позволяющие контролировать загрузку машин, выравнивать графики электрических нагрузок на вводах сельскохозяйственных предприятий. Изложен новый способ разметки выводов обмоток трехфазных электродвигателей и трансформаторов.

В процессе исследований электрических нагрузок на вводах сельскохозяйственных предприятий требуется контролировать режим работы различных машин и механизмов. Однако полученные с помощью регистрирующих приборов регистрограммы изменений силы тока или мощности электропривода отдельной машины или механизма нужно затем обработать и превратить в цифровой материал. Еще большие трудности возникают при получении нагрузочных графиков, характеризующих амплитудно-временной спектр нагрузок.

Известные устройства для контроля режима работы машин содержат датчик и ряд параллельных каналов, состоящих из электрически соединенных компараторов, вторые входы которых соединены с выходами источника опорных напряжений, а выход каждого из компараторов через логический элемент **И** соединен со входом соответствующего счетчика. Существенным недостатком данных устройств является слабая помехозащищенность счетчиков при частых включениях и выключениях источников питания. Для контроля режима работы машин нами совместно с инженером В. В. Казаковым было создано устройство с повышенной помехоустойчивостью [4].

Наиболее близким к нему по технической сущности является устройство для контроля режима работы машин, содержащее датчик, шину питания, ряд параллельных каналов, состоящих из электрически соединенных компараторов, триггеров, элементов **НЕ**, **И** и счетчиков импульсов. Причем выход датчика соединен с первыми входами компараторов, вторые входы которых соединены с выходами источников опорных напряжений. Недостатком этого устройства является незначительная помехозащищенность счетчиков импульсов при переключении питания отдельных элементов устройства. Она обусловлена тем, что в моменты срабатывания одного из счетчиков импульсов и внезапном отключении питания при повторном включении счетчик импульсов может засчитать один импульс за два. Так как устройство обычно получает питание от датчика, а включение или переключе-

ние электрифицированных машин и механизмов может происходить довольно часто, погрешность при длительном контроле за режимами работы электроустановок может значительно возрасти.

Предлагаемое устройство (блок-схема приведена на рис. 1) имеет датчик (выход его соединен с первыми входами компараторов, вторые входы последних подключены к выходам источников опорных напряжений), шину питания, элементы **НЕ**, **И**, три триггера и счетчики импульсов, введены четвертый триггер и генератор импульсов (выход его соединен со счетными входами триггеров). Выходы первых трех триггеров подключены к первым входам элементов **И**, выходы которых соединены со входами счетчиков импульсов. Выходы компараторов подключены к **К**-входам первых трех триггеров, выходы второго и третьего компараторов соединены через элементы **НЕ** с **И**-входами первого и второго триггера, со вторыми входами первого и второго элементов **И**, третьи входы которых подключены ко второму входу третьего элемента **И** и к выходу четвертого триггера, **И**-вход последнего соединен с выходами первого триггера, **К**-вход четвертого триггера и **И**-вход третьего триггера подключены к шине питания.

Устройство работает следующим образом. При отсутствии загрузки электрифицированной машины на выходе датчика **1** напряжение равно или близко к нулю, поэтому ни один из компараторов **2—4** не срабатывает. На **И**-входах триггеров **5—7** является логическая единица, а на их **К**-входах — логический нуль, вследствие этого при поступлении на счетный вход каждого из триггеров **5—7** первого импульса напряжения, снимаемого с выхода генератора импульсов **14**, триггеры **5—7** устанавливаются в единичное состояние, а на одном из выходов элементов **И 10—12** появляется логический нуль. Так как элементы **И 10—12** закрыты, импульсы, снимаемые с выхода четвертого триггера **15**, подсчитываются счетчиками **13**.

При увеличении загрузки машины с выхода датчика **1** снимается возрастающее

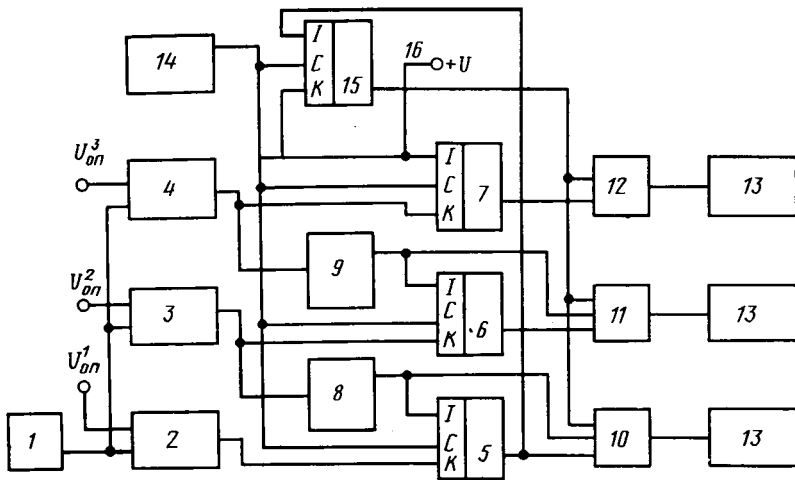


Рис. 1. Блок-схема устройства для контроля режимов работы машин и механизмов.

1 — датчик нагрузки; 2, 3, 4 — компараторы; 5, 6, 7, 15 — триггеры; 8, 9 — элементы НЕ; 10, 11, 12 — элементы И; 13 — счетчики импульсов; 14 — генератор импульсов; 16 — шина питания.

напряжение. Если выходное напряжение превышает опорное напряжение первого компаратора 2, происходит срабатывание последнего и на *K*-входе первого триггера 5 появляется логическая единица, благодаря чему триггер 5 начинает работать в счетном режиме.

Выход триггера 5 соединен с *I*-входом четвертого триггера 15, поэтому последний работает синхронно с первым триггером 5, на первых двух входах элемента И 10 периодически появляются логические единицы. Так как второй компаратор 3 еще не сработал (выходное напряжение датчика 1 меньше соответствующего опорного напряжения), то на выходе элемента И 8 напряжение соответствует логической единице, поэтому на вход счетчика поступают импульсы, частота повторения которых соответствует выбранному масштабу времени.

Когда выходное напряжение датчика 1 выше опорного напряжения второго компаратора 3, происходит срабатывание последнего и на его выходе появляется логическая единица. Поэтому на *I*-входе триггера 5 и входе первого элемента И 10 появляется логический ноль, первый триггер 5 устанавливается в нулевое состояние, а счетчик прекращает подсчет импульсов. Так как на *K*-входе второго триггера 6 появляется логическая единица, последний начинает работать в счетном режиме и импульсы напряжения через элемент И 11 поступают на соответствующий счетчик импульсов второго канала.

При дальнейшем повышении выходного напряжения датчика 1 срабатывает третий компаратор 4, элемент И 11 закрывается, второй триггер 6 устанавливается в нулевое состояние, а третий триггер 7 начинает работать в счетном режиме, поэтому подсчет импульсов производится только одним счетчиком.

При снижении выходного напряжения датчика 1, что наблюдается в случае уменьшения загрузки машины, почти мгновенно включается второй триггер 6, так как по-

следний находится в нулевом (подготовленном) состоянии, и импульсы подсчитываются одним из счетчиков. При дальнейшем понижении напряжения, когда второй компаратор 4 закрывается, включается первый триггер 5.

Показания счетчиков характеризуют режим работы машины в дифференциальной форме.

При внезапном отключении питания всей схемы необходимым условием срабатывания каждого из счетчиков импульсов является появление на входах элементов И 10—12 логической единицы, вероятность которого определяется количеством логических связей с предыдущими элементами. Но так как состояние элементов во время работы всегда неравнозначно, вероятность одновременного появления логических единиц на входах элементов И 10—12 практически равна нулю.

При включении напряжения питания и максимальном выходном напряжении датчика 1 (самый неблагоприятный случай) возможно самосрабатывание только третьего триггера 7. Однако так как выходное напряжение датчика 1 в действительности превышает значение третьего порогового напряжения, срабатывание нельзя считать ложным.

Количество каналов устройства может быть неограниченным, поэтому новые связи между функциональными элементами не снижают помехоустойчивости устройства.

Контроль загрузки различных электроприемников обследованных животноводческих предприятий показал, что средние значения загрузки незначительно отличаются от приведенных в работе [8].

При исследовании электрических нагрузок на вводах сельскохозяйственных предприятий выявлено, что многие трансформаторные подстанции недогружены, особенно в часы провалов электрической нагрузки.

Неравномерность потребления электрической энергии отдельными потребителями

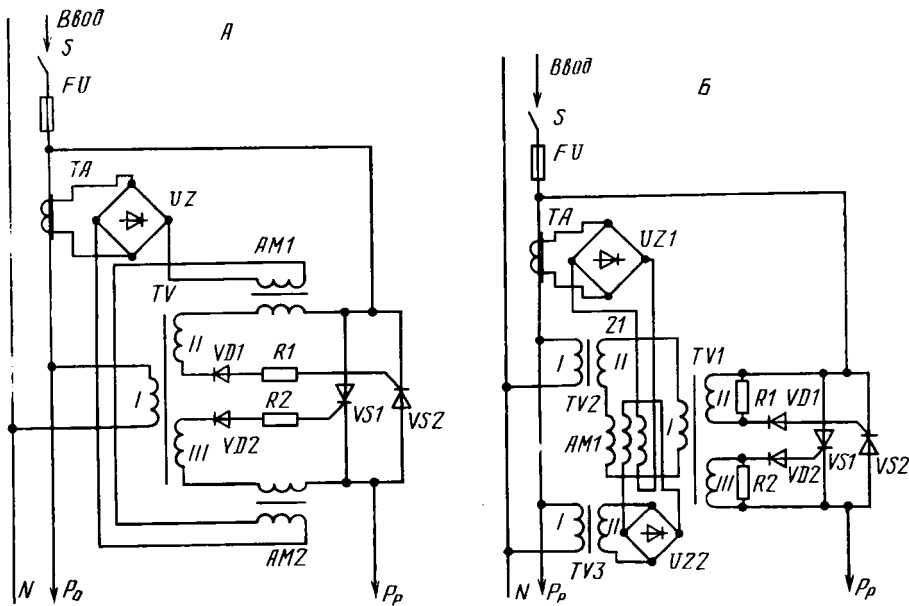


Рис. 2. Тиристорные схемы устройств для выравнивания электрических нагрузок.
 А — на двух магнитных усилителях; Б — с магнитным усилителем и пик-трансформатором.

является одной из причин ухудшения ее качества и снижения коэффициента использования электрооборудования. Инженеры и ученые, занимающиеся изысканием путей выравнивания нагрузок на вводах электропотребителей, пришли к выводу о необходимости перемещения рабочего времени различных электроприемников из зоны максимальных в зону минимальных нагрузок [7]. Однако осуществить это весьма сложно из-за возможных нарушений технологических процессов. Для выравнивания электрических нагрузок предлагается применять шкалу с тремя степенями регулирования или использовать различные электротепловые установки — теплоаккумулирующие плиты и брудеры для птичников, электроводонагреватели для молочных ферм и т. д. [7].

Результаты исследований, проведенных на нашей кафедре, свидетельствуют о целесообразности применения в качестве выравнивающих электроприемников аккумуляторов тепла. Это позволяет создать разрыв между производством и потреблением энергии без нарушения технологических процессов, обеспечивает более полное использование мощности трансформаторных подстанций (электротепловые установки включаются в моменты провалов электрических нагрузок).

Полное теплоснабжение сельскохозяйственных предприятий за счет электрической энергии без увеличения мощности трансформатора особенно выгодно для хозяйств, расположенных в безлесных степных районах, получающих дорогостоящее топливо.

Эффективное выравнивание электрических нагрузок возможно только при автоматическом управлении электротепловыми нагрузками. Такое управление должно быть малоинерционным (одновременно с увеличением основной нагрузки ток в управляемых электроприемниках при этом уменьшается) и бесконтактным (только в этом

случае обеспечиваются большая скорость регулирования нагрузки и компактность управляющего устройства).

Перечисленным требованиям отвечают схемы с управляемыми вентилями — тиристорами, которые практически безынерционны (время включения и отключения их составляет соответственно 2—5 и 10—20 мс) [3].

В схеме А, приведенной на рис. 2, последовательно с нагрузкой в каждую фазу включаются два управляемых вентиля ($VS1$ и $VS2$). Ток регулируемой нагрузки фаз P_p благодаря их встречно-параллельному соединению может проходить через вентили $VS1$ (первый полупериод) и $VS2$ (второй полупериод). Для управления тиристорами применяются магнитные усилители с внутренней обратной связью.

Магнитные усилители $AM1$ и $AM2$ имеют две изолированные выходные цепи, так как в этом случае нельзя объединить катоды управляемых вентилях. Сопротивления $R1$ и $R2$ служат для ограничения токов управления вентилях. Значение переменного тока в нагрузке изменяется в результате регулирования тока управления магнитных усилителей путем сдвига тока на выходах магнитных усилителей по отношению к напряжению питания. Управление магнитными усилителями осуществляется с помощью трансформатора тока TA , включенного в цепь основной нагрузки P_o через выпрямитель VZ . При максимальном токе основной нагрузки ток регулируемой нагрузки минимален и наоборот.

В схеме Б, приведенной на рис. 2, управляющие импульсы подаются к управляемым вентилям через диоды $VD1$ и $VD2$ и регулировочные сопротивления $R1$ и $R2$ от обмоток II и III пик-трансформатора $TV1$. Первичная обмотка $TV1$ соединяется последовательно с обмоткой магнитного усилителя $AM1$ и вторичной обмоткой понижающего трансформатора $TV2$. Когда в

цепи основной нагрузки ток минимальный, управляемые вентили открываются при наличии тока в обмотках I магнитного усилителя $AM1$. В этом случае магнитный усилитель насыщен, его сопротивление мало и сдвиг фаз импульсов пик-трансформатора относительно начала полупериодов тока 50 Гц близок к нулю. В управляемую нагрузку при этом поступает полный ток.

При повышении основной нагрузки увеличивается ток в трансформаторе TA , который поступает через выпрямитель $VZ1$ во входную обмотку магнитного усилителя $AM1$. Ввиду встречного включения обмоток $AM1$ степень насыщения его уменьшается, сопротивление увеличивается и появляется сдвиг импульсов пик-трансформатора относительно начала обоих полупериодов тока 50 Гц. За полупериод проходит лишь часть тока, при этом уменьшается среднее значение тока, поступающего в регулируемую нагрузку.

Применение автоматического выравнивания электрических нагрузок целесообразно даже в том случае, когда коэффициент нагрузки достаточно большой.

Описанные выше схемы предусматривают использование фазовых методов регулирования, которые искажают формы синусоидального напряжения. В связи с этим возникает необходимость в применении электрических фильтров, что значительно усложняет схемные решения и не дает достаточного эффекта.

Известны также устройства для регулирования нагрузки электроэнергетического агрегата, питающего основную нагрузку. Такие устройства используются на турбогенераторах в силовых космических системах. Они обеспечивают постоянную частоту напряжения на выходе турбогенератора. В устройство входит датчик контролируемого параметра, выход которого подключен ко входу аналого-цифрового преобразователя, содержащего цифровой компаратор, источник напряжения постоянной частоты, генератор напряжения высокой частоты, логические элементы, счетчик периодов питающего напряжения, счетчик девиации частоты и декодирующее устройство, на выходе которого представлен позиционный код, подключающий необходимое число одинаковых по мощности дополнительных нагрузок так, чтобы общая мощность нагрузок турбогенератора была постоянна.

Недостатки такого устройства следующие. Дополнительные нагрузки имеют одинаковую мощность, что требует значительного их количества для достижения требуемой точности регулирования. Нагрузки подключаются поочередно, что значительно уменьшает «гибкость» цикла их работы. В схеме аналого-цифрового преобразователя имеется декодирующее устройство для подключения одинаковых по мощности дополнительных нагрузок. При этом требуется преобразовывать комбинационный код счетчика в позиционный. Кроме того, с увеличением числа дополнительных нагрузок увеличивается и число элементов, управляющих подключением этих нагрузок, что усложняет устройство.

Автором совместно с инженерами В. И. Буробиным, В. Н. Пряхиным, И. В. Зуевым, А. А. Глуховым и Б. М. Михалевым

упрощено схемное решение устройства с целью повышения надежности его работы [2]. Было разработано устройство для регулирования нагрузки электроэнергетического агрегата, питающего основную нагрузку. Устройство содержит датчик контролируемого параметра, элементы, управляющие подключением дополнительных нагрузок, n -разрядный аналого-цифровой преобразователь, вход которого подключен к выходу датчика контролируемого параметра, а выходы — ко входам элементов, управляющих подключением дополнительных нагрузок. Мощности дополнительных нагрузок связаны соотношением $P_n = P_1 \cdot 2^{n-1}$. Использован аналого-цифровой преобразователь с комбинационным кодом на выходе, в качестве датчика контролируемого параметра служит датчик тока основной нагрузки.

На рис. 3 представлена блок-схема устройства для регулирования нагрузки электроэнергетического агрегата, например, трансформатора животноводческого предприятия.

Устройство содержит датчик тока I основной нагрузки 2 , подключенный ко вторичной обмотке силового трансформатора 3 питающей подстанции. К выходу 4 датчика тока I подключен n -разрядный (в нашем примере $n=3$) аналого-цифровой преобразователь 5 . Выходы $6, 7, 8$ через соответствующие управляющие элементы $9, 10$ к 11 соединены с управляющими входами $12, 13$ и 14 независимых переключающих элементов $15, 16$ и 17 . Вторые входы $18, 19$ и 20 переключающих элементов $15, 16$ и 17 подключены ко вторичной обмотке силового трансформатора 3 питающей подстанции. К выходам $21, 22$ и 23 переключающих элементов $15, 16$ и 17 подключены дополнительные нагрузки $24, 25$ и 26 . Датчик тока I , аналого-цифровой преобразователь 5 , управляющие элементы $9, 10$ и 11 , переключающие элементы $15, 16$ и 17 и дополнительные нагрузки $24, 25$ и 26 с описанными связями между ними составляют устройство для регулирования нагрузки электроэнергетического агрегата 27 . В качестве дополнительных нагрузок $24, 25$ и 26 служат теплоаккумулирующие установки.

Работа данной системы регулирования осуществляется следующим образом. Ток, потребляемый основной нагрузкой 2 от силового трансформатора 3 подстанции 28 , проходя через датчик тока I , дает информацию о формирующейся нагрузке объекта, которая поступает на вход аналого-цифрового преобразователя 5 , имеющего три цифровых выхода $6, 7$ и 8 , каждый из которых через соответствующие элементы $9, 10$ и 11 управляет соответствующими элементами $15, 16$ и 17 . Последние подключают к силовому трансформатору 3 5 различных сочетаниях дополнительные нагрузки $24, 25$ и 26 таким образом, чтобы суммарная нагрузка трансформатора 3 была близка к основной (максимальной).

При указанных соотношениях основной и дополнительных нагрузок нагрузка силового трансформатора питающей подстанции сельскохозяйственного объекта находится в пределах 86—100 % к максимальной основной нагрузке.

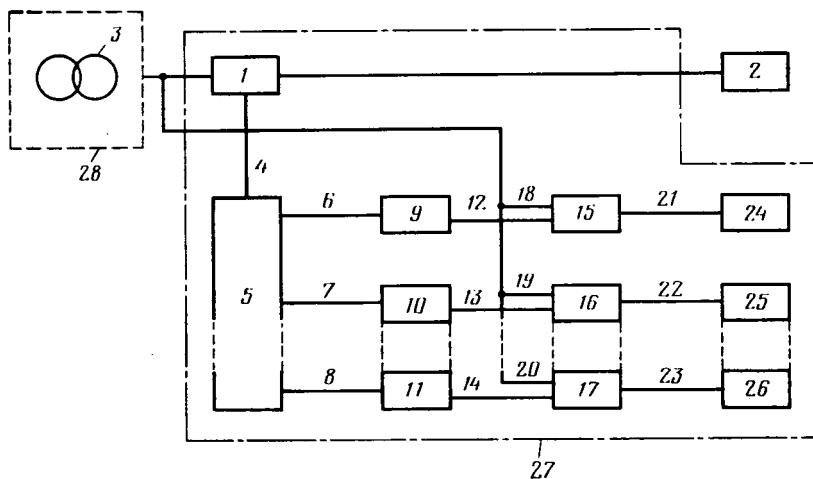


Рис. 3. Блок-схема устройства для регулирования загрузки электроэнергетического агрегата.

Для включения трехфазных электродвигателей в сеть выводы их обмоток должны иметь маркировку для соединения обмоток «звездой» и «треугольником». В практике эксплуатации, особенно после ремонта, встречаются электродвигатели, у которых отсутствуют обозначения начал и концов обмоток. Для определения начал и концов обмоток электродвигателей применяются в основном методы трансформации и подбора. Они имеют существенные недостатки, связанные с необходимостью выполнять ряд переключений выводов обмоток, а также требуют значительных затрат времени.

Автором предложен более простой метод определения начал и концов обмоток трехфазных электродвигателей [5, 6], который заключается в следующем. Сначала известными методами с помощью контрольной лампы или вольтметра определяют попарную принадлежность выводов к каждой из трех обмоток. Затем все три обмотки соединяют последовательно (в открытый треугольник), как показано на рис. 4. Параллельно каждой обмотке присоединяют вольтметры. Собранную таким образом электрическую цепь включают в сеть. Если все обмотки электродвигателя оказались включенными согласно (начало — конец — начало — конец — начало — конец), то все вольтметры покажут одинаковое напряжение. Если же одна из обмоток оказалась включенной в открытый треугольник встречно по отношению к двум другим, то вольтметр, подключенный к ней, покажет большее напряжение, чем два других вольтметра. Руководствуясь по-

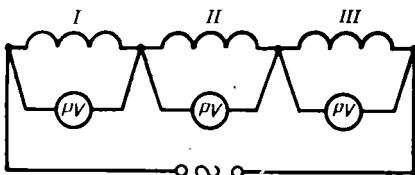


Рис. 4. Схема соединения обмоток трехфазного электродвигателя (трансформатора) в открытый треугольник при маркировке выводов.

казаниями последних, можно сразу осуществить разметку начал и концов обмоток электродвигателя.

Суть процессов, происходящих при разметке выводов обмоток электродвигателя описанным методом, заключается в следующем [1]. Рассмотрим магнитную цепь трехфазного электродвигателя при согласном включении статорных обмоток. Каждая из них создает магнитные потоки самоиндукции и взаимной индукции [1]. Магнитные потоки взаимной индукции каждой из трех обмоток направлены навстречу друг другу. Этим объясняется равенство напряжений на зажимах всех обмоток. Уравнения, характеризующие значения напряжений на зажимах обмоток, имеют вид:

$$\begin{aligned}
 u_1 &= iR_1 + L_1 \frac{di}{dt} + M_{12} \frac{di}{dt} + \\
 &+ M_{13} \frac{di}{dt} - M_{21} \frac{di}{dt} - M_{31} \frac{di}{dt}; \\
 u_2 &= iR_2 + L_2 \frac{di}{dt} + M_{21} \frac{di}{dt} + \\
 &+ M_{23} \frac{di}{dt} - M_{12} \frac{di}{dt} - M_{32} \frac{di}{dt}; \\
 u_3 &= iR_3 + L_3 \frac{di}{dt} + M_{31} \frac{di}{dt} + \\
 &+ M_{32} \frac{di}{dt} - M_{13} \frac{di}{dt} - M_{23} \frac{di}{dt}.
 \end{aligned} \quad (1)$$

В комплексной форме записи эти уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned}
 \dot{U}_1 &= \dot{i} [R_1 + j\omega(L_1 + M_{12} + M_{13} - \\
 &- M_{21} - M_{31})] = \dot{i}(R_1 + j\omega L_1); \\
 \dot{U}_2 &= \dot{i} [R_2 + j\omega(L_2 + M_{21} + M_{23} - \\
 &- M_{12} - M_{32})] = \dot{i}(R_2 + j\omega L_2); \\
 \dot{U}_3 &= \dot{i} [R_3 + j\omega(L_3 + M_{31} + M_{32} - \\
 &- M_{13} - M_{23})] = \dot{i}(R_3 + j\omega L_3).
 \end{aligned} \quad (2)$$

Так как конструкции обмоток электродвигателя одинаковы и все величины, вхо-

дающие в уравнения напряжений на зажимах обмоток, соответственно равны, т. е., $R_1=R_2=R_3$; $L_1=L_2=L_3$; $M_{12}=M_{21}=M_{13}=M_{31}=M_{23}=M_{32}=M$; то

$$u_1 = u_2 = u_3. \quad (3)$$

В случае встречного включения одной из обмоток электродвигателя витки ее пронизываются четырьмя потоками взаимной индукции M_{13} , M_{31} , M_{23} , M_{32} , которые направлены в одну сторону. Две другие обмотки пронизываются потоками взаимной индукции в различных направлениях. Этим объясняется наличие большего значения напряжения на обмотке, включенной встречно по отношению к двум другим. Уравнения, подтверждающие это положение, имеют вид:

$$\begin{aligned} u_1 &= iR_1 + L_1 \frac{di}{dt} + M_{12} \frac{di}{dt} + \\ &+ M_{13} \frac{di}{dt} - M_{21} \frac{di}{dt} + M_{31} \frac{di}{dt}; \\ u_2 &= iR_2 + L_2 \frac{di}{dt} + M_{21} \frac{di}{dt} + \\ &+ M_{23} \frac{di}{dt} + M_{32} \frac{di}{dt} - M_{12} \frac{di}{dt}; \\ u_3 &= iR_3 + L_3 \frac{di}{dt} + M_{13} \frac{di}{dt} + \\ &+ M_{31} \frac{di}{dt} + M_{32} \frac{di}{dt} + M_{23} \frac{di}{dt}. \end{aligned} \quad (4)$$

Действительно, уравнение, определяющее значение напряжения на зажимах обмотки,

включенной встречно, имеет на два слагаемых больше.

В комплексной форме записи эти уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= i [R_1 + j \omega (L_1 + M_{12} + M_{13} + M_{21} + \\ &+ M_{31})] = i [R_1 + j \omega (L_1 + 2M)]; \\ \dot{U}_2 &= i [R_2 + j \omega (L_2 + M_{21} + M_{23} + M_{32} - \\ &- M_{12})] = i [R_2 + j \omega (L_2 + 2M)]; \\ \dot{U}_3 &= i [R_3 + j \omega (L_3 + M_{13} + M_{31} + M_{32} + \\ &+ M_{23})] = i [R_3 + j \omega (L_3 + 4M)]. \end{aligned} \quad (5)$$

Таким образом,

$$\dot{U}_3 > \dot{U}_1 = \dot{U}_2. \quad (6)$$

Ввиду того, что статорные обмотки трехфазных электродвигателей соединяются последовательно, разомкнутый треугольник обмоток можно включать на сетевое напряжение 220 В как при собранном электродвигателе, так и при вынутом роторе. Большие различия в напряжениях на обмотках получаются при вынутом роторе.

Быстро определить начала и концы обмоток трехфазных силовых трансформаторов можно аналогичным образом. Для этого необходимо соединить в открытый треугольник обмотки высшего и низшего напряжений.

Описанный способ определения выводов обмоток трехфазных электродвигателей и трехфазных трансформаторов прост по выполнению, теоретически обоснован, применяется в практике и в учебном процессе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. — М.: Высшая школа, 1967. — 2. Буробин В. И., Воробьев В. А. и др. Устройство для регулирования загрузки электроэнергетического агрегата. — Авт. свид. № 691826. Бюл. изобрет., 1979, №3 8. — 3. Воробьев В. А. Автоматическое выравнивание электрических нагрузок сельскохозяйственных электропотребителей. — Докл. ТСХА, 1969, вып. 151, с. 119—122. — 4. Воробьев В. А., Казаков В. В. Устройство для контроля режимов работы машин. — Авт. свид. № 851434. Бюл. изобрет., 1981, № 28. — 5. Воробьев В. А. Электрификация сельскохозяйст-

венного производства. М.: Агропромиздат, 1985. — 6. Воробьев В. А. Указания к лабораторным работам по курсу «Электрификация сельскохозяйственного производства» Изд. 2-е. — МСХ СССР, ТСХА, 1985. — 7. Дворников А. Ф. Технико-экономические показатели использования электроэнергии для теплоснабжения. — Механизация и электрификация сельск. хоз-ва, 1968, № 7, с. 25—27. — 8. Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. М.: ВГПИНИИ Сельэнергопроект, 1981, ноябрь.

Статья поступила 10 декабря 1985 г.

SUMMARY

New devices are described which allow to check machine loading and to efficiently equalize the schedules of electric input loads at farm enterprises. A new method of marking three-phase motor and transformer winding outlets is presented.