



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ
(ГОСКОМИЗОБРЕТЕНИЙ)

СВИДЕТЕЛЬСТВО

№

1757013

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Госкомизобретений выдал настоящее свидетельство на изобретение:
"Устройство для автоматического регулирования режимов реактивной мощности узла с резкопеременной нагрузкой синхронного двигателя"

Заявитель: ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ИМ. Г. В. ПЛЕХАНОВА

Автор (авторы): Ананьев Константин Александрович, Качаев Сергей Владимирович, Талько Анатолий Иосифович, Тойка Сергей Вильямович, Трухалева Светлана Васильевна и Талько Леонид Иосифович

Заявка № 4824816 Приоритет изобретения 14 мая 1990г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Союза ССР

22 апреля 1992г.

Председатель Комитета

Начальник отдела

Расс
Зинин

х/г 5/88

62 27/285
10.12.92



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4824816/07

(22) 14.05.90

(46) 23.08.92. Бюл. № 31

(71) Ленинградский горный институт
им. Г.В.Плеханова

(72) К.А.Ананьев, С.В.Качаев, А.И.Талько,
С.В.Тойка, С.В.Трухалева и Л.И.Талько

(56) Возбудители серии ТЕ8-320-5. Техниче-
ское описание и инструкция к эксплуатации.
— Харьков, 1977, с. 40, рис. 5.

Авторское свидетельство СССР
№ 1661910, кл. H 02 J 3/18, 1988.

Электропривод и электрификация от-
крытых горных работ. Под ред. проф.
Б.П.Белых. — М.: Недра, 1983, с. 104.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ УЗЛА С РЕЗКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

(57) Использование: в узлах нагрузки, к которым кроме индуктивных приемников подключены синхронные двигатели с резко-

2

переменной нагрузкой. Сущность изобре-
тения: блок индикации технологической
операции полярностью постоянного напря-
жения на выходе тахогенератора устанавли-
вает время существования периодов
минимальной нагрузки на валу синхронного
двигателя, анализатор формирует сигнал
управления блоком принудительной комму-
тации, который меняет уставку тока возбуж-
дения с расчетного максимального
значения на расчетное минимальное значе-
ние, а по окончании периода минимальной
нагрузки все происходит в обратном поряд-
ке. Уменьшение нагрузки связано с умень-
шением активной составляющей тока
статора синхронного двигателя и увеличе-
нием реактивной составляющей, что приво-
дит к перекомпенсации узла нагрузки.
Поэтому уменьшение тока возбуждения в
этот период вызывает уменьшение тока
статора в целом и реактивной его составля-
ющей в частности. Это исключает перекомпен-
сацию и сохраняет качество напряжения
узла. 2 ил.

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в узлах нагрузки, к которым кроме активно-индуктивной нагрузки подключен синхронный двигатель с резкопеременной нагрузкой на валу, причем регулирование тока возбуждения синхронного двигателя может быть как ручным, так и автоматическим, а закон регулирования любой, предусмотренный возможностями возбудителя.

Известно устройство для поддержания режима реактивной мощности узла нагрузки с помощью использования результата

математических операций с сигналами, пропорциональными ЭДС трансформаторов связи, предназначенных для получения информации о параметрах работы узла нагрузки и синхронного двигателя, подключенного к узлу нагрузки, на основании которой формируется закон управления регулятором тока возбуждения.

Недостатками этого устройства являются:

1. Ограниченные функциональные возможности устройства, заключающиеся в том, что регулировочные возможности уст-

ройства предусматривают оптимальную работу СД только в режиме максимальных нагрузок.

2. Отсутствует средство точного определения периода времени действия минимальной нагрузки на вал СД.

3. Отсутствует средство принудительно-го изменения функций регулирующего воздействия на регулятор тока возбуждения СД.

Известно устройство автоматического регулирования режимов реактивной мощности узла нагрузки, которое в зависимости от режимов напряжения и реактивных мощностей узла нагрузки и СД обеспечивает автоматическое регулирование тока возбуждения СД по заданным функциям регулирующего воздействия.

Недостатками устройства являются:

1. Отсутствует средство точного определения периода времени, в течение которого возможна устойчивая работа СД с пониженным током возбуждения.

2. Устройство не предусматривает работу в узле нагрузки с экскаваторной характеристикой.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является устройство для автоматического регулирования режимов реактивной мощности узла с резкопеременной нагрузкой синхронного двигателя, вал которого жестко связан с валом генератора постоянного тока механизма подъема, содержащее датчики тока и напряжения, выходы которых через пороговые элементы с заданными параметрами тока и напряжения соединены соответственно с входами двухходового логического элемента И, выход которого соединен с управляющим входом регулятора тока возбуждения синхронного двигателя, задатчик уставок тока возбуждения синхронного двигателя.

Недостатками известного устройства являются:

1. Отсутствие средства индикации технологической операции, осуществляемой экскаватором.

2. Отсутствует средство управления током возбуждения при изменении нагрузки на валу синхронного двигателя.

3. Отсутствует возможность рационального использования энергии, запасенной нагрузкой.

Цель изобретения – уменьшение энергопотребления и поддержание рационального режима реактивной мощности узла нагрузки.

Поставленная цель достигается тем, что устройство дополнительно снабжено бло-

ком индикации технологической операции, выполненным с возможностью определения времени существования периодов минимальной нагрузки на валу синхронного двигателя, блоком принудительной коммутации, выполненным с возможностью изменения уставок регулирования тока возбуждения в зависимости от времени существования максимальной и минимальной нагрузок синхронного двигателя, блоком формирования управляющих сигналов, выполненным в виде последовательно соединенных диода, стабилитрона и логического элемента И, к аноду диода подключен блок индикации технологической операции, к входу логического элемента И подключен выход двухходового логического элемента И, выход логического элемента И соединен с входом блока принудительной коммутации, выходы изменения уставок которого через задатчик уставок тока возбуждения соединены соответственно с входами регулятора тока возбуждения.

Предлагаемое устройство регулирования режимов реактивной мощности узла с резкопеременной нагрузкой синхронного двигателя в отличие от аналогов и прототипа позволяет:

1. Реализовать операцию точного определения начала и окончания операции технологического процесса с минимальным моментом на валу синхронного двигателя.

2. Реализовать операцию автоматического переключения тока возбуждения синхронного двигателя на меньшее значение в периоды его разгрузки, обусловленные технологическим процессом, а после их окончания автоматическое восстановление тока возбуждения до уровня, соответствующего значению тока возбуждения при наличии максимальной нагрузки на валу синхронного двигателя.

3. Наличие вышеуказанных реализаций позволяет выполнять поставленную цель – уменьшение энергопотребления и поддержание рационального режима реактивной мощности узла при осуществлении операций технологического процесса, при которых энергопотребление может быть минимизировано за счет использования энергии, запасенной в подвижных частях и в магнитных полях синхронного двигателя, путем автоматического уменьшения его тока возбуждения в периоды минимальной нагрузки с автоматическим восстановлением в периоды максимальной нагрузки на валу синхронного двигателя.

Действительно, при работе экскаватора, с указанной системой привода, в технологическом процессе существует операция

опускания ковша. В процессе этой операции возможно рационально использовать вес ковша для уменьшения энергии, потребляемой из сети синхронным двигателем, уменьшить потери энергии в системе электроснабжения, за счет уменьшения тока статора синхронного двигателя, что достигается путем уменьшения его тока возбуждения.

В прототипе и аналогах такая возможность отсутствует, так как при пониженном токе возбуждения существует опасность потери устойчивости синхронным двигателем при максимальной нагрузке на его валу, т.е. при осуществлении операции технологического процесса – копанье или подъем груженого ковша. Поэтому существующие системы регулирования тока возбуждения синхронного двигателя настраиваются на такую величину тока возбуждения, при которой: во-первых, гарантируется устойчивость синхронного двигателя при максимальной нагрузке, а во-вторых, при этом поддерживается заданный режим напряжения и реактивной мощности узла нагрузки. Таким образом, поддержание режимов напряжения и реактивной мощности узла осуществляется лишь для режимов максимальной нагрузки, а при минимальной нагрузке их строгое поддержание невозможно из-за имеющихся уставок тока возбуждения в регуляторе тока возбуждения синхронного двигателя. Последнее приводит к неоправданным потерям энергии как в самом синхронном двигателе, так в системе его возбуждения и системе электроснабжения. Поскольку, например, при экскавации, периоды минимальных нагрузок могут превышать 30% времени реализации технологического процесса, то экономическая эффективность от применения устройства, исключающего указанные недостатки, может быть значительной.

В предлагаемом устройстве, блоком индикации технологической операции, а именно полярностью постоянного напряжения на выходе тахогенератора, точно устанавливается время существования периодов минимальной нагрузки на валу синхронного двигателя, блоком формирования управляющих сигналов формируется сигнал управления блоком принудительной коммутации, который меняет уставку тока возбуждения с расчетного максимального значения на расчетное минимальное значение, а по окончании периода минимальной нагрузки все указанное происходит в обратном порядке. Уменьшение тока возбуждения синхронного двигателя при минимальной нагрузке на его валу:

а) не уменьшает устойчивости синхронного двигателя;

б) сохраняет режимы напряжения и реактивной мощности узла на заданном уровне;

в) уменьшает потери энергии в синхронном двигателе, системе возбуждения и сети;

г) уменьшает энергопотребление из сети на осуществление операции опускания ковша, за счет использования энергии, запасенной в ковше.

Действительно, поскольку уменьшился момент на валу синхронного двигателя, то можно уменьшить ток возбуждения синхронного двигателя, не нарушив при этом устойчивость. Уменьшение нагрузки связано с уменьшением активной составляющей тока статора синхронного двигателя и увеличением реактивной составляющей, что приводит к перекомпенсации узла нагрузки, поэтому уменьшение тока возбуждения в этот период приведет к уменьшению тока статора в целом и реактивной его составляющей в частности. Это исключит перекомпенсацию и сохранит качество напряжения узла. Уменьшение тока возбуждения в пределах работы синхронного двигателя в правой части U-образной характеристики приведет к снижению потерь в системе возбуждения, снижению тока статора, что приведет к снижению потерь в обмотке статора и питающей линии. Уменьшение тока возбуждения приведет к возможности проявления демпфирующих свойств пусковой обмотки, а это, в свою очередь, к рациональному использованию энергии, запасенной ковшом экскаватора.

На фиг.1 представлена блок-схема устройства; на фиг.2 – осциллограммы динамики изменения параметров при работе механизма подъема экскаватора ЭШ10/70.

Устройство для автоматического регулирования режимов реактивной мощности узла с резкопеременной нагрузкой (фиг.1) синхронного двигателя 1, вал которого 2 жестко связан с валом генератора 3 постоянного тока механизма 4 подъема, содержит датчик 5 напряжения, подключенный к выходу 6 силового трансформатора 7, и датчик 8 тока, через силовые зажимы 9 и 10 которого вход 11 статорной обмотки синхронного двигателя 1 подсоединен к выходу 6 силового трансформатора 7, выходы 12 и 13 датчиков 5 напряжения и тока 8 через пороговые элементы 14 и 15, с заданными параметрами напряжения и тока соединены с входами 16 и 17 двухходового логического элемента И 18, выход 19 которого соединен с управляющим входом 20 регулятора 21 тока возбуждения с входом 22 пита-

ния, выходами 23 и 24, к которым подключены зажимы 25 и 26 обмотки 27 возбуждения синхронного двигателя 1, также к выводам 28, 29 регулятора 21 тока возбуждения подключены неподвижные зажимы 30 и 31 датчика 32 уставок регулирования тока возбуждения, блок 33 принудительной коммутации с узлом 34 изменения уставок регулирования тока возбуждения, блок 35 формирования управляющих сигналов, выполненный в виде последовательно соединенных диода 36, стабилитрона 37 и вход 38 логического элемента И 39, к аноду диода 36 подключен выход 40 блока индикации технологической операции 41, вход 42 которого соединен с выходом 43 механизма 4 подъема, а к второму входу 44 логического элемента И 39 подключен выход 19 двухходового логического элемента И 18, выход 45 логического элемента И 39 соединен с входом 46 блока принудительной коммутации 33, выходы 47 и 48 изменения уставок которого через датчик 32 уставок тока возбуждения и узел 34 изменения уставок соединен соответственно с выходами 28 и 29 регулятора тока возбуждения, при этом подвижный контакт 49 узла изменения уставок 34 соединен с его зажимом 31.

Под механизмом подъема 4 понимается двигатель 50 постоянного тока, включенные последовательно в якорную цепь генератора 3 постоянного тока 3 и механическая часть 51 (редуктор, барабан, канат, ковш), жестко связанная с двигателем 50 постоянного тока.

Под блоками 33 принудительной коммутации с узлом 34 изменения уставок регулирования тока возбуждения понимается, например, поляризованное реле с независимым питанием и с транзистором в цепи катушки реле, а управление транзистором осуществляется сигналом, формируемом на выходе 45 логического элемента 39.

Под блоком индикации технологической операции 41 понимается, например, тахогенератор 52, полярность напряжения на выходе 40 которого характеризует как операцию (подъем одна полярность, опускание — другая), так и время существования операции.

Осциллограмма фиг.2а иллюстрирует динамику изменения: тока статора I_a , напряжения двигателя подъема U_n , тока якоря двигателя подъема I_n , тока возбуждения синхронного двигателя I_b , напряжения на статоре синхронного двигателя U_a , активной энергии, потребляемой синхронным двигателем W_{ha} , реактивной энергии, генерируемой синхронным двигателем W_{hr} — при $I_b = \text{const}$.

На фиг.2б представлена динамика изменения тех же величин, но при $I_b = \text{var}$. Следует отметить, что запись происходила при одинаковых условиях, т.е. ковшом поднимался и опускался один и тот же груз на одно и то же расстояние.

Устройство работает следующим образом.

Предполагается, что предлагаемое устройство будет осуществлять регулирование тока возбуждения при условии сохранения заданных уровней напряжения и реактивной мощности в узле нагрузки. Информация об этом формируется на выходах датчиков напряжения 5 и тока 8 и соответственно стабилитронов 14 и 15, на которых уровни сигналов, пропорциональных напряжению узла X_1 и пропорциональных току статора синхронного двигателя X_2 , сравниваются с заданными. Если уровни напряжения и реактивной мощности узла превышают заданные, то на входах 16 и 17 элемента И 18 будут сигналы "1", что формирует на его выходе 19 сигнал $y_1=1$. При отклонении одного из параметров в сторону уменьшения сигнал на выходе 19 $y_1=0$. Таким образом, первая предварительная операция заключается в установлении заданных уровней стабилитронов 14 и 15.

Как следует из осциллограммы фиг.2б при регулировании тока возбуждения из-за изменения угла θ синхронного двигателя, в напряжении двигателя 19 подъема имеют место колебания, повторяющие эти изменения (участок г-д-ж). Поэтому второй обязательной предварительной операцией является определение максимальной амплитуды возможных колебаний, которая будет являться пороговым напряжением стабилитрона 37 блока 35 формирования управляющих сигналов.

Реализация пункта 2 осуществляется одновременно с выбором уставок 33 и 37 потенциометрического задающего устройства 32, величина которых определяется конкретными условиями работы и конкретными заданными уровнями режимов напряжения и реактивной мощности узла нагрузки.

Подъем груженого ковша.

В этом случае нагрузка является максимальной для соединенных с ней механической части 51 и через вал двигателя 50, который является нагрузкой для генератора 3, который через вал 2 создает максимальную нагрузку синхронному двигателю 1, на вход 11 которого с выхода 6 питающего трансформатора 7 через датчик 8 тока подается ток статора, необходимый для реализации операции подъема. При этом с выхода

12 датчик 5 напряжения на вход стабилитрона 14 поступает сигнал X_1 , пропорциональный напряжению узла нагрузки. Если напряжение узла превышает уровень, заданный стабилитрону 14, то на выходе последнего сигнал $X_1=0$. Одновременно с выхода 13 датчика 3 тока на вход стабилитрона 16 поступает сигнал X_2 , величина которого пропорциональна току статора и при максимальной нагрузке выше уровня заданного стабилитрону 15, т.е. при максимальной нагрузке всегда $X_2=1$. С выходов стабилитронов 14 и 15 сигналы X_1, X_2 поступают на входы 16 и 17 элемента И 18, на выходе которого 19 формируется сигнал Y_1 , пропорциональный стандартной функции регулирующего воздействия, значения которой, в зависимости от режима напряжения узла, может быть "0" или "1". Сформированный стандартный сигнал Y_1 поступает на вход 20 управления регулятора 21 тока возбуждения синхронного двигателя 1 и вход 44 элемента И 39 блока 35 формирования управляющих сигналов. В зависимости от величины Y_1 , регулятором 21 тока возбуждения, осуществляются процессы регулирования тока возбуждения синхронного двигателя 1, обусловленные положением подвижного контакта 49 узла 34 крепления уставок регулирования. При $Y_1=0$ никаких переключений в блоке 33 принудительной коммутации не будет, так как сигнал на выходе 45 логического элемента И 39 $Z=0$ и подвижный контакт 49 узла 34 изменения уставок регулирования будет замыкать неподвижный контакт 47, соединенный с первым подвижным контактом датчика уставок 32, который обеспечивает максимальное значение тока возбуждения синхронного двигателя 1, как при подъеме так и при опускании ковша. При $Y_1=1$ сигнал $Z=0$ будет в том случае, когда происходит подъем ковша. В этом случае полярность напряжения на выходе 40 блока индикации технологической операции 41 такова, что через диод 36 на стабилитрон 37 сигнал не поступает, т.е. $X_3=0$.

Опускание ковша.

При опускании ковша осуществляют реверсирование двигателя постоянного тока 50, так как блок индикации технологической операции 52 жестко соединен своим выходом 42 с выходом 43 механизма подъема, то на его выходах 40, полярность изменяется и сигнал $X_3=1$ через диод 36 подается на вход стабилитрона 37. При превышении уровня, заданного для срабатывания стабилитрона 37, сигнал $X_3=1$ подается на вход 38 элемента И 39. При этом на вход 44 элемента И

39 с выхода 19 двухходового элемента И 18 поступает сигнал $Y_1=1$.

При этом на выходе 45 элемента И 39 формируется сигнал $Z=1$, который подается на вход 46 блока 33 принудительной коммутации. Это приводит к тому, что подвижный контакт 49 узла изменения уставок регулирования 34 размыкает нормальной закрытый контакт 47 и замыкает нормальной открытый контакт 48, который соединен с вторым подвижным контактом датчика уставок регулирования 32, что приводит к уменьшению напряжения на зажимах 25 и 26 обмотки 27 возбуждения синхронного двигателя 1 и уменьшению тока возбуждения. Пониженный ток возбуждения будет иметь место до момента t_1 , указанного на фиг.2б. После завершения операции опускания ковша переключатель 49 возвращается в исходное состояние, так как изменяется сигнал X_3 с "1" на "0".

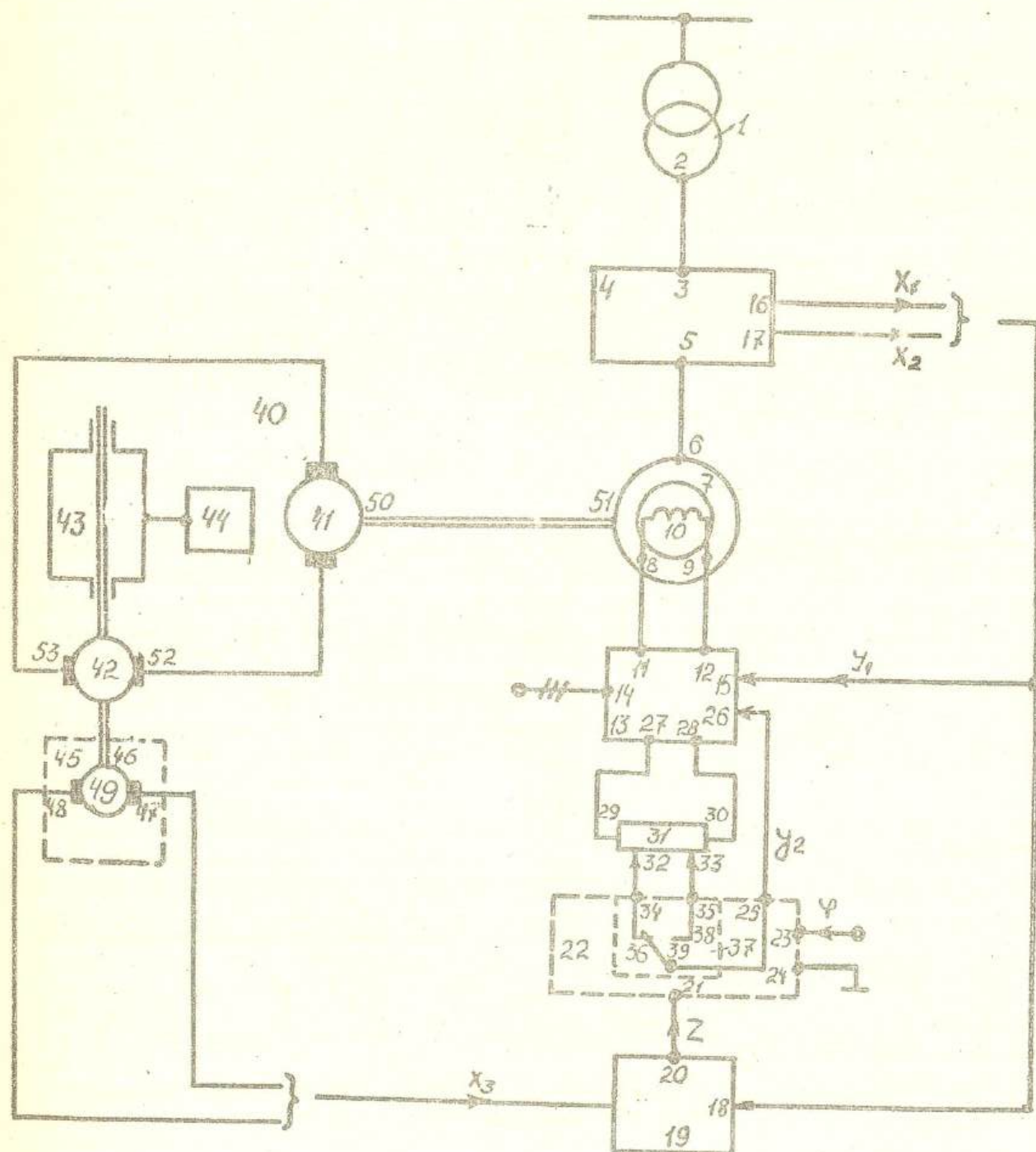
На осциллограмме фиг.2а представлена динамика изменения вышеуказанных величин при неизменном значении тока возбуждения синхронного двигателя, а на осциллограмме 2б то же самое, но при изменении тока возбуждения на меньшее значение. На фиг.2б видно, что ток статора при опускании ковша уменьшается, т.е. потери в синхронном двигателе и линии передачи уменьшаются, уменьшаются потери и в регуляторе тока возбуждения, а также потери на генерацию реактивной энергии.

Формула изобретения

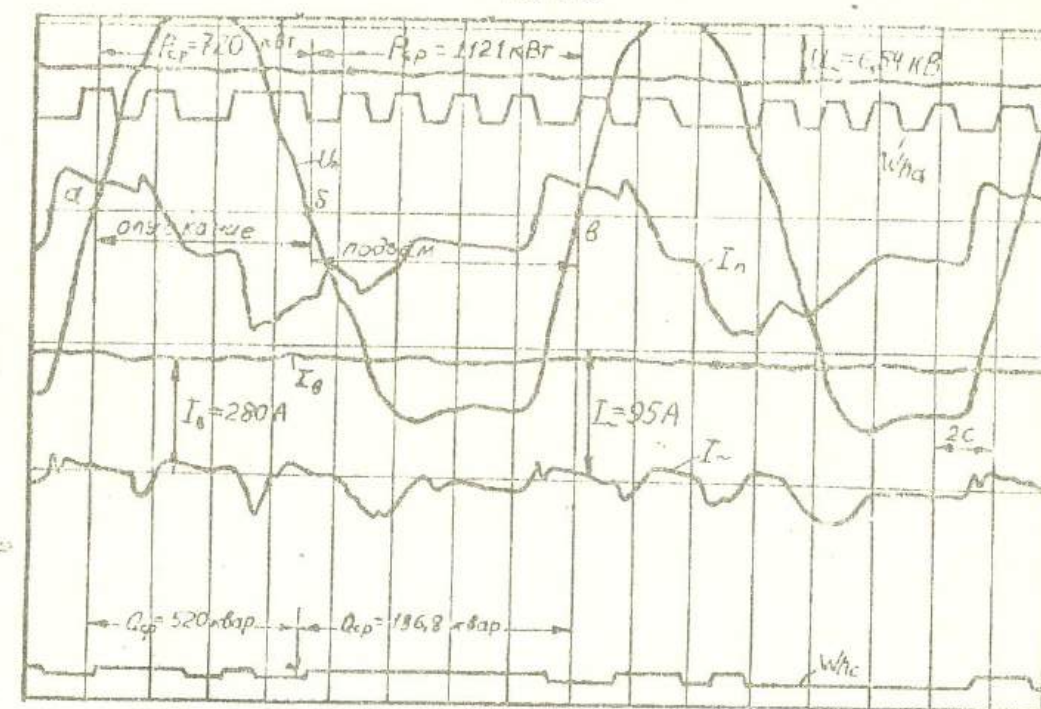
Устройство для автоматического регулирования режимов реактивной мощности узла с резкопеременной нагрузкой синхронного двигателя, выключающей генератор постоянного тока механизма подъема, содержащее датчики тока и напряжения, выходы которых через пороговые элементы с заданными параметрами тока и напряжения соединены соответственно с входами двухходового логического элемента И, выход которого соединен с управляющим входом регулятора тока возбуждения синхронного двигателя, от которого с тем, что, с целью уменьшения энергопотребления и поддержания рационального режима реактивной мощности узла на узлы, оно снабжено блоком индикации технологической операции, выполненным с возможностью определения времени существования периодов минимальной нагрузки на валу синхронного двигателя, блоком принудительной коммутации, выполненным с возможностью изменения уставок регулирования тока возбуждения в зависимости от времени существования максимальной и

минимальной нагрузок синхронного двигателя, блоком формирования управляющих сигналов, выполненным в виде последовательно соединенных диода, стабилитрона и логического элемента И, к аноду диода подключен блок индикации технологической операции, к входу логического элемента И

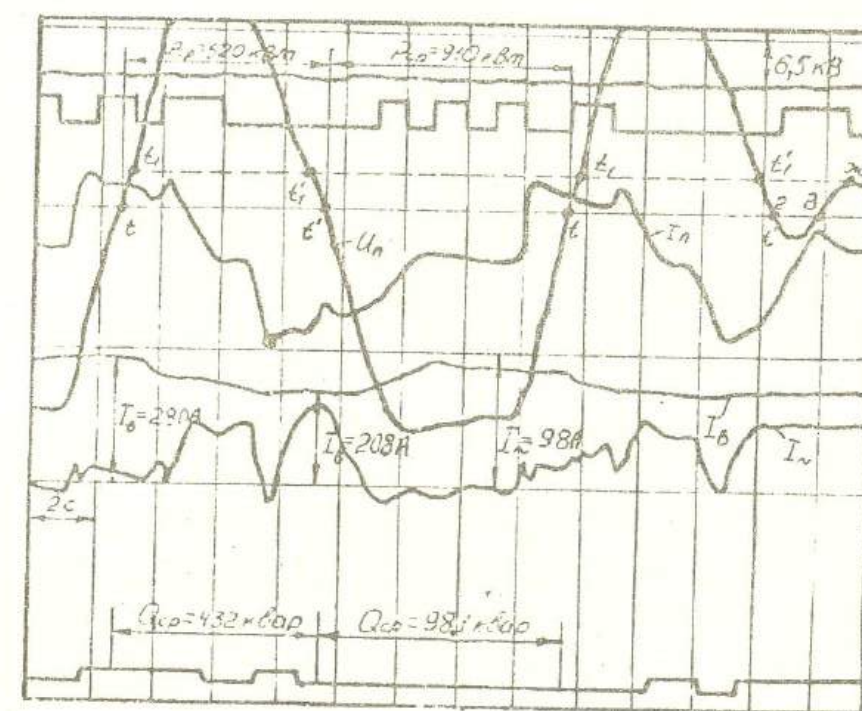
5 подключен выход двухвходового логического элемента и выход логического элемента И соединен с входом блока принудительной коммутации, выходы изменения уставок которого через задатчик уставок тока возбуждения соединены соответственно с входами регулятора тока возбуждения.



Фиг. 1



а)



б)

Фиг. 2

Редактор В. Бугренкова Составитель К. Ананьев
Техред М.Моргентал Корректор М. Шароши

Заказ 3095 Тираж Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101