

П 3024
1921/86.



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

СВИДЕТЕЛЬСТВО

№

1677774

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Госкомизобретений выдал настоящее свидетельство на изобретение:

"Устройство продольно-поперечного регулирования напряжения сети"

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

Автор (авторы): Ананьев Константин Александрович, Иванов Олег Всеволодович, Гвоздев Андрей Всеволодович, Коновалов Борис Павлович, Малошицкий Михаил Михайлович, Столяров Иосиф Исаакович и Трухалева Светлана Васильевна

Заявка № 4729517 Приоритет изобретения 18 августа 1989г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Союза ССР

15 мая 1991г.

Председатель Комитета

Начальник отдела

Ю. Г. Гусев
Зинин

6427/478
2312.91



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1677774 A1**

(51)5 H 02 J 3/18

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4729517/07

(22) 18.08.89

(46) 15.09.91. Бюл. № 34

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

(72) К.А. Ананьев, О.В. Иванов, А.В. Гвоздев, Б.П. Коновалов, М.М. Малюшицкий, И.И. Столяров и С.В. Трухалева

(53) 621.313.025:621.316.722(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР № 1089700, кл. H 02 J 3/18, 1982.

Авторское свидетельство СССР № 557455, кл. H 02 J 3/18, 1972.

(54) УСТРОЙСТВО ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ

(57) Изобретение относится к электротехнике, в частности к устройствам для продольно-поперечной компенсации потерь напряжения и реактивной мощности в протяженных электрических сетях напряжением 0,4–0,69–12 кВ, питающих мощные асинхронные двигатели. Цель изобретения – повышение надежности

2

и эффективности использования устройства. Это достигается за счет введения регулируемого резистора, датчика короткого замыкания, формирователя сигналов уровня напряжения на нагрузке, что позволяет обеспечить защиту конденсаторной батареи от перенапряжений при резонансных явлениях и субгармонических колебаниях, которые могут иметь место при нестандартных режимах работы сети, например при коротких замыканиях. Эффективность использования конденсаторной батареи и последовательного трансформатора достигается путем автоматизации процесса переключения их с режима продольной компенсации при пусках асинхронных двигателей и недопустимых отклонениях напряжения в сторону уменьшения, на режим поперечного включения конденсаторов и последовательного трансформатора в режимах работы сети, допускающих эффективную компенсацию реактивной мощности нагрузки. 4 ил.

Изобретение относится к электротехнике, в частности к устройствам для продольно-поперечной компенсации потерь напряжения и реактивной мощности в протяженных электрических сетях напряжением 0,4–0,69–12 кВ, питающих мощные асинхронные двигатели.

Цель изобретения – повышение надежности и эффективности использования устройства.

На фиг. 1 представлена схема устройства продольно-поперечного регулирования напряжения; на фиг. 2 – схема формирова-

теля сигналов уровня напряжения на нагрузке; на фиг. 3 – схема датчика короткого замыкания; на фиг. 4 – схема возможной реализации устройства в трехфазной цепи.

Устройство содержит последовательный трансформатор (ПТ) 1 с первичной 2 и вторичной 3 обмотками с первыми и вторыми выводами 4, 5 и 6, 7 соответственно батарею конденсаторов (БК) 8 с выводами 9, 10, блок 11 управления с входами 12, 13 и выходом 14, первый 15 и второй 16 ключи с выводами 17, 18 и 19, 20 соответственно, нагрузку 21 с входом 22. Кроме того, устрой-

(19) **SU** (11) **1677774 A1**

ство снабжено формирователем сигналов уровня напряжения на нагрузке (ФСУНН) 23 с входом 24 и выходом 25, датчиком 26 короткого замыкания с входами 27, 28 и выходом 29 и регулируемым резистором 30 с выводами 31, 32, а первый ключ 15 выполнен управляющим с выводом 33 управления.

ФСУНН 23 (фиг. 2) содержит трансформатор напряжения (ТН) 34 с входом 24 и выходом 35, преобразователь синусоидального напряжения в сигнал постоянного тока (ПН) 36 с входом 37 и выходом 38, ветвь сравнения реальных напряжений с заданными уровнями (ВС) 39 со входом x_1 40 и выходами x_1' 41 и x_1'' 42, реализатор функции $L_1=(x_1 \wedge x_1')$, например логический элемент И 43 с входами 44, 45 и выходом 46, который соединен с выходом 25 ФСУНН 23, вход 24 которого является входом ТН 34, выход 35 которого соединен с входом 37 ПН 36, выход 38 которого соединен с входом x_1 40, выходы x_1' 41 и x_1'' 42 ВС 39 соединены с входами 44, 45 логического элемента И 43, выход 46 которого соединен с выходом 25 ФСУНН 23.

Датчик 26 короткого замыкания содержит фильтр 47 пятой гармоники с выводами 48, 49, которые являются входами запуска релаксатора 50, входы питания которого соединены с входами 27, 28 датчика 26, выход 29 которого соединен с первым выходом 51 релаксатора 50 и первым выводом 52 тиристорного ключа 53, второй вывод 54 которого соединен с вторым выходом 55 релаксатора 50, третий 56 и четвертый 57 выходы которого соединены с управляющими электродами 58 тиристорных и с входами 59, 60 управления тиристорного ключа 53.

Блок 11 управления в общем виде должен обеспечивать реализацию функции управления $y=(x_1 \wedge x_1') \wedge x_2$, подаваемую на вход 33 управления первого ключа 15. В общем случае для предлагаемой на фиг. 1 схемы реализация функции $y=f(x_1; x_2)$ возможна с помощью представленной на фиг. 4 схемы, состоящей из логического элемента ИЛИ 61 с входами 62, 63 и выходом 64 и устройства 65 временной задержки с входом 66 и выходом 67, который соединен с первым входом 62 элемента ИЛИ 61, второй вход 63 которого соединен с входом 13 блока 11 управления, выход 14 которого соединен с выходом 64 элемента ИЛИ 61, а вход 12 блока управления 11 соединен с входом 66 устройства 65 временной задержки.

Следует отметить, что элементная база ФСУНН 23, датчика 26 короткого замыкания, управляемого ключа 15 и т.д. может быть сколь угодно разнообразной, но удовлетворяющей требованию, чтобы сигнал на

выходе 25 ФСУНН 23 был равен $L_1=(x_1 \wedge x_1')$, где x_1' , x_1'' – первый и второй заданные уровни напряжения на нагрузке, а сигнал на выходе 29 датчика 26 был равен "0", при отсутствии КЗ на нагрузке и "1" при его наличии.

При описании работы устройства, второстепенные, но необходимые для его работы элементы опущены для упрощения, но наличие их подразумевается.

Кроме того, подразумевается, что устройство работает в условиях, при которых повышение напряжения тем или иным образом (предусмотренным устройством) является необходимым на протяжении всего периода работы нагрузки. Предполагается, что второй заданный уровень напряжения на нагрузке x_1'' равен номинальному напряжению нагрузки минус вольтодобавка, обеспечиваемая предлагаемым устройством, т.е. $x_1''=1$ при $U_{нагр} > |\dot{U}_н - \Delta \dot{U}_н|$, где $U_{нагр}$ – реальное напряжение на нагрузке; $U_н$ – номинальное напряжение нагрузки; ΔU – повышение напряжения на нагрузке при поперечном включении БК 8 и ПН 1.

ПН 1 в предлагаемом устройстве выполняет две функции в зависимости от состояния управляемого ключа 15. При пусках нагрузки и значительных отклонениях напряжения на нагрузке, например при перегрузке или режимах, близких к опрокидыванию двигателя, ключ 15 должен быть разомкнут и БК 8 осуществляет продольную компенсацию потерь напряжения через согласующий трансформатор, роль которого выполняет ПТ 1. При напряжениях на нагрузке $U_{нагр} > |\dot{U}_н - \Delta \dot{U}_н|$ применение продольной емкостной компенсации теряет смысл, поэтому осуществляется автоматический перевод БК 8 и вторичной обмотки 2 ПТ 1 на поперечное включение, при этом БК 8 осуществляет компенсацию реактивной мощности нагрузки, а ПК 1 выполняет роль вольтодобавочного трансформатора, у которого для создания 5–6%-ной добавки напряжения коэффициент трансформатора $K_T=15-20$.

Резистор 30, величина которого равна $(5-10)X_c$, играет роль демпфирующего сопротивления, которое предназначено для гашения феррорезонанса, явление которого может возникнуть, например, в пусковых режимах. Демпфирующее сопротивление автоматически шунтируется управляемым ключом 15 при переходе устройства из режима продольной компенсации потерь напряжения в режим поперечной компенсации реактивной мощности нагрузки. Защита конденсаторов 8 от аварийных режимов (КЗ) как в режиме

продольной, так и в режиме поперечной компенсации осуществляется управляемым ключом 15, т.е. последний кроме функций коммутирующего обладает функциями элемента защиты БК 8 от короткого замыкания во вторичной обмотке ПТ 1.

Устройство работает следующим образом.

1. Исходное состояние при отсутствии напряжения в линии представлено на фиг. 1. При этом следует заметить, что для упрощения фаза батареи конденсаторов, которая реально соединена треугольником, представлена фазой эквивалентной звезды.

2. Напряжение в линии имеется, но ключ 16 разомкнут, т.е. нагрузка 21 отключена, предлагаемое устройство работает в режиме холостого хода. При этом сигнал x_2 на выходе датчика 26 равен "0", так как короткие замыкания отсутствуют, следовательно сигнал "0" и на выходе 13 блока управления, на выходе 12 которого сигнал также "0", так как ключ 16 разомкнут. На выходе 25 ФСУНН (фиг. 1), на входе 24 и выходе 35 ТН 34, на входах и выходах соответственно 37 и 38 ПН 36, 40 и 41, 42 ВС 39, 44, 45, и 46 элемента И 43 сигналы равны "0", следовательно на выходе 25 ФСУНН 23 функция $L_1 = 0 \wedge 0 = 0$, из чего следует, что сигнал на выходе блока 11 управления $y = L_1 \vee x_2 = 0 \vee 0 = 0$. Поскольку этот сигнал подан на вход 33 управляемого ключа 15, последний находится в разомкнутом состоянии, т.е. напряжение линии через резистор 30 подается на вывод 9 БК 8 и вывод 4 первичной обмотки 2 ПК 1. При этом происходит увеличение напряжения на выходном выводе 7 ПК 1 на величину, пропорциональную току холостого хода (ХХ) трансформатора, который в данном случае является согласующим для компенсации реактивной составляющей потерь напряжения в линии.

3. Пуск нагрузки.

Ключ 16 замкнут, на нагрузку 21 подано напряжение сети, которое также подается на вход ТН 34 (фиг. 2), с выхода 35 которого синусоидальное напряжение подается на вход 37 ПН 36, с выхода 38 которого сигнал постоянного тока, пропорциональный уровню напряжения питающей сети, поступает на вход 40 ВС 39, на выходах 41, 42 которой в первоначальный момент сигналы x_1 и x_1' могут быть "1", "1" или "1", "0", что формирует на выходе 46 элемента И 43 сигнал "1" или "0", который с выхода 25 ФСУНН 23 подается на вход 12 блока 11 управления, откуда сигнал "1" или "0" подается на вход 66 устройства 65 временной задержки, с выхода 67 которого (фиг. 4) сигнал подается

на вход 62 логического элемента 61, на вход 63 которого с входа 13 блока 11 управления поступает сигнал "0", значение которого определяется тем, что отсутствуют аварийные режимы (КЗ) в цепи нагрузки и на выходе 29 датчика 26 короткого замыкания сигнал "0".

Таким образом, при любом значении сигнала на выходе 25 ФСУНН 23, входе 12 блока 11 управления и на входе 66 устройства 65 временной задержки в течение времени, обусловленном его характеристикой (например, параметрами R, C цепи) и на его выходе 67 сигнал будет "0", что определит сигнал "0" и на входе 62 элемента ИЛИ 61 и на его выходе 64, с которого сигнал "0" поступает на выход 14 блока 11 управления, а оттуда на вход 33 управляемого ключа 15, что обеспечит разомкнутое состояние последнего, которое будет поддерживать в течение всего периода пуска нагрузки. Действительно, при пуске асинхронного двигателя происходит снижение напряжения на входе 22 нагрузки 21, причем снижение напряжения происходит довольно интенсивно, причем интенсивность в большой степени зависит от параметров системы электроснабжения рассматриваемого узла. Период временной задержки, обеспечиваемой устройством 65, достаточен для того, чтобы уровень напряжения на нагрузке снизился до значения ниже второго заданного уровня ВС 39, $U_{нагр} \leq |U_n - \Delta U_n|$. Это обеспечит комбинацию сигналов "1", "0" на выходах 41, 42 ВС 39 и соединенных с ними входах 44, 45 логического элемента И 43, на выходе 46 которого при этом формируется сигнал $L_1 = 1 \cdot 0 = 0$, который подается на выход 25 ФСУНН 23, откуда он подается на вход 12 блока 11 управления, а с входа 12 сигнал "0" подается на вход 66 устройства 65 временной задержки, на выходе которого сигнал "0" не изменяется и режим работы устройства остается неизменным, т.е. продольная компенсация потерь напряжения в линии.

3. Работа устройства в установившемся режиме.

Возможны два режима: уровень напряжения на нагрузке ниже первого заданного уровня ВС 39, т.е. $U_{нагр} \leq |U_n - \Delta U_n|$, и уровень напряжения на нагрузке выше первого заданного уровня ВС 39, т.е. $U_{нагр} > |U_n - \Delta U_n|$.

Рассмотрим работу устройства в этих режимах

а) $U_{нагр} \leq |U_n - \Delta U_n|$.

Если после окончания периода пуска напряжение на нагрузке не превысило второго заданного уровня напряжения, то режим работы устройства не изменится и будет соответствовать режиму продольной

компенсации реактивной составляющей потерь напряжения.

б) $U_{\text{нагр}} > |U_n - \Delta U|$.

Поскольку рассматривается нормальный (неаварийный) режим работы, то сигнал на выходе 29 датчика 26 будет равен "0", как и в предыдущих случаях, а на выходе 25 ФСУНН 23 сигнал станет равным "1", так как на выходах 41, 42 ВС 39 и на входах 44, 45 логического элемента И 43 сигналы будут "1", что сформирует на его выходе 46 сигнал "1", который с выхода 25 ФУСНН 23 подается на вход 12 блока 11 управления, откуда через устройство 65 временной задержки поступает на вход 62 логического элемента ИЛИ 61, на выходе 64 которого формируется сигнал "1", который через выход 14 блока 11 управления поступает на вход 33 управляемого ключа 15, что приведет последний в замкнутое состояние. Это приведет к тому, что демпфирующее сопротивление 30 шунтируется, что приводит к переводу на компенсацию реактивной мощности узла нагрузки БК 8 и работу ПК 1 в качестве вольтодобавочного, что определяется параллельным по отношению к нагрузке включением БК 8 и первичной обмотки 2 ПК 1.

4. В нагрузке произошло короткое замыкание (аварийный режим) при работе устройства в режиме продольной компенсации потерь напряжения. При этом режиме напряжение, снимаемое с зажимов 4, 5 первичной 2 обмотки ПК 1, содержит высшие составляющие, которые подаются с входов 27, 28 датчика 26 короткого замыкания на фильтр 47 и зажимы 48, 49 запуска релаксатора 50.

Предположим, что БК 8 соединена треугольником, тогда при КЗ на нагрузке фильтр 47 настроен на пропускание пятой гармонической составляющей, для всех остальных его сопротивление велико. Прохождение через фильтр 47 пятой гармоники приводит к появлению напряжения на зажимах запуска 48, 49 релаксатора 50, на выходах 51, 55, 56, 57 которого появляются сигналы, которые соответственно подаются на входы 52, 54 и на выходы 59, 60 управления тиристорного ключа 53, с выхода 52 которого и соединенного с ним выхода 29 датчика 26 сигнал "1" поступает на вход 13 (фиг. 1,4) блока 11 управления и соединенный с ним вход 61 элемента ИЛИ 51, что

формирует на выходе 64 последнего сигнал "1", который подается на выход 14 блока 11 управления, с которого сигнал "1" поступает на вход 33 управляемого ключа 15, что приводит последний в замкнутое состояние, а это приводит к шунтированию ключом 15 БК 8 и прохождению токов КЗ не через БК 8, а через ключ 15.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство продольно-поперечного регулирования напряжения сети, содержащее последовательный трансформатор с первичной и вторичной обмотками, батарею конденсаторов, блок управления, два ключа, вывод первого ключа соединен с первым выводом первичной обмотки последовательного трансформатора, вторичная обмотка которого включена между выводами для подключения к сети и подключения к нагрузке, второй вывод первого ключа соединен с первым выводом вторичной обмотки трансформатора, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения надежности и эффективности использования, оно снабжено формирователем сигналов уровня напряжения на нагрузке, датчиком короткого замыкания и регулируемым резистором, первый ключ выполнен управляемым, управляющий вход которого соединен с блоком управления, на котором реализована функция управления

$$y = (x_1 \wedge x_1') \vee x_2,$$

где x_1 и x_1' — сигналы первого и второго заданных уровней напряжения на нагрузке; x_2 — сигнал с выхода датчика короткого замыкания, причем регулируемый резистор включен параллельно первому ключу, первый вывод которого соединен с первым выводом батареи конденсаторов, второй вывод которой соединен с общей точкой и вторым выводом первичной обмотки последовательного трансформатора, второй вывод вторичной обмотки которого соединен с первым выводом второго ключа, второй вывод которого соединен с выводом для подключения к нагрузке и входом формирователя сигналов уровня напряжения на нагрузке, выход которого соединен с первым входом блока управления, второй вход которого соединен с датчиком короткого замыкания, подключенным параллельно первичной обмотке последовательного трансформатора.

1677774



