

94 88

19 "

Фиг.2

22 → :

102

103 91  
12\*::

107

A\*-, 88

98  
fit'

Фиг.3

1 ;;<g

90 "

Фиг.4

(19) **ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӘДІЛЕТ МИНИСТРЛІГІ**  
**ЗИЯТКЕРЛІК МЕНШІК ҚҰҚЫҒЫ КОМИТЕТІ**

**ӨНЕРТАБЫСҚА**

(11) № 28011

**(12) ИННОВАЦИЯЛЫҚ ПАТЕНТ**

(54) **АТАУЫ:** ТӨРТ ПАРАЛЛЕЛДІ ЛИНИЯЛАРДЫ ҚОРҒАУ ҮШІН ҚҰРЫЛҒЫ

(73) **ПАТЕНТ ИЕЛЕНУШІСІ:** Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің "С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті" шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны

(72) **АВТОР (АВТОРЛАР):** Клецель Марк Яковлевич; Машрапов Бауыржан Ерболович

(21) № **Өтінім** 2013/0319.1

(22) **Өтінім берілген күн** 15.03.2013

Қазақстан Республикасы өнертабыстардың мемлекеттік тізілімінде тіркелді 20.12.2013 ж.

Инновациялық патенттің күші Қазақстан Республикасының бүкіл аумағында, оны күшінде ұстау үшін ақы уақтылы төленген жағдайда сақталады.

Қазақстан Республикасы Әділет министрінің  
Зияткерлік меншік құқығы комитетінің  
төрағасы \_\_\_\_\_



А—v^C-^^^ А. Естаев

(Терістер сні і ;> rj ралы мәлімеі і ер осы инновация.лық потені ке косым ша гурінлс жеке гшракі ;і келтірі.іеді

001519

(19) **КОМИТЕТ ПО ПРАВАМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

(12) **ИННОВАЦИОННЫЙ ПАТЕНТ**

(11) **№28011**

**НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

(54) **НАЗВАНИЕ:** УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЧЕТЫРЕХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ  
ЛИНИЙ

(73) **ПАТЕНТООБЛАДАТЕЛЬ:** Республиканское государственное предприятие на праве  
хозяйственного ведения "Павлодарский государственный университет имени  
С. Торайгырова" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(72) **АВТОР (АВТОРЫ):** Клецель Марк Яковлевич; Машрапов Бауржан Ерболович

(21) Заявка № 2013/0319.1

(22) Дата подачи заявки 15.03.2013

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан  
20.12.2013г.

Действие инновационного патента распространяется на всю территорию Республики  
Казахстан при условии своевременной оплаты поддержания инновационного патента в  
силе.

**Председатель Комитета по правам  
интеллектуальной собственности  
Министерства юстиции Республики Казахстан**



**А. Естаев**

С в е л е н и я о в н е с е н и и и з м е н е н и и п р и в о д я т с я и . i . m i e . n . p . o . m . i . i e i e в в и . i c п р и л о ж е н и я к н а с т о я щ е м } , и н н о в а ц и о н н о м ) п а т е н т )



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19)KZ (13)A4(11) 28011  
(5)H02H 7/26(2006.01)

КОМИТЕТ ПО ПРАВАМ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ИННОВАЦИОННОМУ ПАТЕНТУ

(21) 2013/0319.1

(22) 15.03.2013

(45) 25.12.2013, бюл. № 12

(72) Клецель Марк Яковлевич; Машрапов  
Бауыржан Ерболович

(73) Республиканское государственное предприятие  
на праве хозяйственного ведения "Павлодарский  
государственный университет им. С. Торайгырова"  
Министерства образования и науки Республики  
Казахстан

(56) Фигурнов Е.П. Релейная защита. Учебник для  
студентов электротехнических и  
электромеханических специальностей транспортных  
и других вузов - К.: Транспорт Украины, 2004г

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЧЕТЫРЕХ  
ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

(57) Изобретение относится к электротехнике, а  
именно к технике релейной защиты, и может быть  
использовано для защиты двух параллельных  
линий.

Технический результат - повышение  
чувствительности и селективности работы  
устройства.

Устройство для защиты четырех параллельных  
линий, содержащее для каждой фазы по  
трансреактору и токовому реле, для каждой группы  
одноименных фаз по максиселектору и четыре  
элемента сравнения, и общий блок логики, причем  
трансреактор и токовое реле подключены к одному  
трансформатору тока соответствующей фазы линии,  
максиселекторы и первые входы элементов  
сравнения - к трансреакторам соответствующих  
одноименных фаз, вторые входы элементов  
сравнения - к выходам максиселекторов, выходы  
токовых реле и элементов сравнения - к входам  
блока логики, выходы которого - в цепи отключения  
выключателей первой, второй, третьей и четвертой  
линий.

Экономический эффект - уменьшение затрат на  
ремонт линий электропередач за счет  
своевременного их отключения при коротких  
замыканиях.

>  
4^

to  
oo  
o

Изобретение относится к электротехнике, а именно к технике релейной защиты, и может быть использовано для защиты двух параллельных линий.

Известно устройство для защиты четырех параллельных линий, содержащее токовые реле, подключенные к трансформаторам тока всех линий, реле направления мощности, подключенные к этим трансформаторам и трансформаторам напряжения, логическую часть, подключенную к выходам реле тока и направления мощности [Поляков В.Е., Клецель М.Я. Централизованная токовая направленная защита. - Изв. вузов. Энергетика, 1977, № 3.].

Недостатками данного устройства являются отстройка от токов в неповрежденных фазах, использование цепей напряжения и наличие мертвой зоны.

Наиболее близким к предлагаемому устройству по технической сущности и достигаемому эффекту является устройство, содержащее первый, второй и третий максиселекторы, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый элементы сравнения [Фигурнов Е.П. Релейная защита. Учебник для студентов электротехнических и электромеханических специальностей транспортных и других вузов - К.: Транспорт Украины, 2004. - с: ил.].

Недостатками данного устройства являются невысокая чувствительность, неселективная работа при обрыве провода с односторонним коротким замыканием на землю с противоположной стороны, при отключении трех из четырех линий с противоположной стороны, а также недостаточная надежность из-за использования цепей напряжения.

Технический результат - повышение чувствительности, надежности и селективности работы устройства.

Технический результат достигается тем, что в устройство, содержащее первый, второй и третий максиселекторы, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый элементы сравнения, дополнительно введены первое, второе, третье, четвертое, пятое, шестое, седьмое, восьмое, девятое, десятое, одиннадцатое, двенадцатое реле тока, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый трансреакторы, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый, шестнадцатый элементы ИЛИ, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый, шестнадцатый (с одним инверсным входом), семнадцатый, восемнадцатый элементы И, первый (двухвходовой) и второй (трехвходовой) элементы ИЛИ-НЕ, причем первое, второе, третье токовые реле и первичные обмотки первого, второго, третьего трансреакторов подключены к трансформаторам тока фаз А, В, С первой линии соответственно,

четвертое, пятое, шестое реле тока и первичные обмотки четвертого, пятого, шестого трансреакторов подключены к трансформаторам тока фаз А, В, С второй линии соответственно, седьмое, восьмое, девятое реле тока и первичные обмотки седьмого, восьмого, девятого трансреакторов подключены к трансформаторам тока фаз А, В, С третьей линии соответственно, десятое, одиннадцатое, двенадцатое реле тока и первичные обмотки десятого, одиннадцатого, двенадцатого трансреакторов подключены к трансформаторам тока фаз А, В, С четвертой линии соответственно, выход первого реле тока подключен к первому входу первого элемента ИЛИ, вторым входам четвертого и десятого элементов ИЛИ, выход второго реле тока - к первому входу второго, второму входу пятого и второму входу одиннадцатого элементов ИЛИ, выход третьего реле тока - к первому входу третьего, второму входу шестого и второму входу двенадцатого элементов ИЛИ, выход четвертого реле тока - к первому входу четвертого элемента ИЛИ и третьим входам седьмого и десятого элементов ИЛИ, выход пятого реле тока - к первому входу пятого элемента ИЛИ и третьим входам восьмого и одиннадцатого элементов ИЛИ, выход шестого реле тока - к первому входу шестого элемента ИЛИ и третьим входам девятого и двенадцатого элементов ИЛИ, выход седьмого реле тока - к первому входу седьмого и третьим входам первого и четвертого элементов ИЛИ, выход восьмого реле тока - к первому входу восьмого и третьим входам второго и пятого элементов ИЛИ, выход девятого реле тока - к первому входу девятого и третьим входам третьего и шестого элементов ИЛИ, выход десятого реле тока - к первому входу десятого элемента ИЛИ и вторым входам первого и седьмого элементов ИЛИ, выход одиннадцатого реле тока - к первому входу одиннадцатого элемента ИЛИ и вторым входам второго и восьмого элементов ИЛИ, выход двенадцатого реле тока - к первому входу двенадцатого элемента ИЛИ и вторым входам третьего и девятого элементов ИЛИ, выходы первого, четвертого, седьмого и десятого элементов ИЛИ подключены к входам первого элемента И, выходы второго, пятого, восьмого и одиннадцатого элементов ИЛИ подключены к входам второго элемента И, выходы третьего, шестого, девятого и двенадцатого элементов ИЛИ подключены к входам третьего элемента И, входы первого максиселектора и первые входы первого, четвертого, седьмого, десятого элементов сравнения подключены к вторичным обмоткам первого, четвертого, седьмого, десятого трансреакторов, входы второго максиселектора и первые входы второго, пятого, восьмого, одиннадцатого элементов сравнения - к вторичным обмоткам второго, пятого, восьмого, одиннадцатого трансреакторов, входы третьего максиселектора и первые входы третьего, шестого, девятого, двенадцатого элементов сравнения - к вторичным обмоткам третьего, шестого, девятого, двенадцатого трансреакторов, выход первого максиселектора подключен к вторым входам первого, четвертого, седьмого и десятого элементов

сравнения, выход второго максиселектора - к вторым входам второго, пятого, восьмого и одиннадцатого элементов сравнения, выход третьего максиселектора - подключен к вторым входам третьего, шестого, девятого и двенадцатого элементов сравнения, выход первого элемента сравнения подключен - к первым входам пятого, шестого и седьмого элементов И, выход второго элемента сравнения - к первым входам девятого, десятого и одиннадцатого элементов И, выход третьего элемента сравнения - к первым входам тринадцатого, четырнадцатого и пятнадцатого элементов И, выход четвертого элемента сравнения - к первому входу четвертого элемента И и вторым входам шестого и седьмого элементов И, выход пятого элемента сравнения - к первому входу восьмого элемента И и вторым входам десятого и одиннадцатого элементов И, выход шестого элемента сравнения - к первому входу двенадцатого элемента И и вторым входам четырнадцатого и пятнадцатого элементов И, выход седьмого элемента сравнения - ко вторым входам четвертого и пятого элементов И и третьему входу седьмого элемента И, выход восьмого элемента сравнения - к вторым входам восьмого и девятого элементов И и третьему входу одиннадцатого элемента И, выход девятого элемента сравнения - к вторым входам двенадцатого и тринадцатого элементов И и третьему входу пятнадцатого элемента И, выход десятого элемента сравнения - к третьим входам четвертого, пятого и шестого элементов И, выход одиннадцатого элемента сравнения - к третьим входам восьмого, девятого и десятого элементов И, выход двенадцатого элемента сравнения - к третьим входам двенадцатого, тринадцатого и четырнадцатого элементов И, выход первого элемента И подключен к четвертым входам четвертого, пятого, шестого и седьмого элементов И, выход второго элемента И - к четвертым входам восьмого, девятого, десятого и одиннадцатого элементов И, выход третьего элемента И - к четвертым входам двенадцатого, тринадцатого, четырнадцатого и пятнадцатого элементов И, выходы четвертого, восьмого и двенадцатого элементов И подключены к входам тринадцатого элемента ИЛИ, выход которого подключен к инверсному входу шестнадцатого элемента И, к первым входам первого и второго элементов ИЛИ-НЕ и в цепь отключения выключателя первой линии, выходы пятого, девятого и тринадцатого элементов И подключены к входам четырнадцатого элемента ИЛИ, а его выход подключен к не инверсному входу шестнадцатого элемента И и к вторым входам первого и второго элементов ИЛИ-НЕ, выходы шестого, десятого и четырнадцатого элементов И подключены к входам пятнадцатого элемента ИЛИ, а его выход подключен ко второму входу семнадцатого элемента И и третьему входу второго элемента ИЛИ-НЕ, выходы седьмого, одиннадцатого и пятнадцатого элементов И подключены к входам шестнадцатого элемента ИЛИ, а его выход подключен ко второму входу восемнадцатого элемента И, выходы первого и второго элементов ИЛИ-НЕ подключены к первым

входам семнадцатого и восемнадцатого элементов И, соответственно, выходы которых - в цепи отключения выключателей третьей и четвертой линий.

Предлагаемое устройство представлено на фигуре 1, на фигурах 2, 3, 4 представлены разные режимы работы четырех параллельных линий 1, 2, 3, 4.

Устройство содержит реле 5-16 тока, трансреакторы 17 - 28, максиселекторы 29, 30, 31, элементы 32 - 43 сравнения, элементы ИЛИ 44 - 55, элементы И 56 - 70, элементы ИЛИ 71, 72, 73, 74, элемент И 75 с одним инверсным входом, элементы ИЛИ-НЕ 76 двухвходовой и 77 трехвходовой, элементы И 78, 79.

На чертежах обозначены трансформаторы 80-91 тока, выключатели 92 - 99, точки коротких замыканий 100 - 107, токи  $I_{A1}$ ,  $I_{B1}$ ,  $I_{C1}$  Idг,  $I_{B2}$ ,  $I_{C2}$ , Idз,  $I_{B3}$ ,  $I_{C3}$ , и  $I_{A4}$ ,  $I_{B4}$ ,  $I_{C4}$  фаз А, В, С линий 1, 2, 3, 4 соответственно, поступающие от трансформаторов 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91 тока.

Реле 5 (8), 6 (9) и 7 (10) и первичные обмотки трансреакторов 17 (20), 18 (21) и 19 (22) подключены, соответственно, к вторичным обмоткам трансформаторов 80 (83), 81 (84) и 82 (85) тока фаз А, В, С линии 1 (2), реле 11 (14), 12 (15) и 13 (16) и первичные обмотки трансреакторов 23 (26), 24 (27) и 25 (28) подключены, соответственно, к вторичным обмоткам трансформаторов 86 (89), 87 (90) и 88 (91) тока фаз А, В, С линии 3 (4), входы максиселектора 29 и первые входы элементов 32, 33, 34 и 35 сравнения подключены к вторичным обмоткам трансреакторов 17, 20, 23 и 26, а вторые входы элементов 32, 33, 34 и 35 сравнения - к выходу максиселектора 29, входы максиселектора 30 и первые входы элементов 36, 37, 38 и 39 сравнения подключены к вторичным обмоткам трансреакторов 18, 21, 24 и 27, а вторые входы элементов 36, 37, 38 и 39 сравнения - к выходу максиселектора 30, входы максиселектора 31 и первые входы элементов 40, 41, 42 и 43 сравнения подключены к вторичным обмоткам трансреакторов 19, 22, 25 и 28, а вторые входы элементов 40, 41, 42 и 43 сравнения - к выходу максиселектора 31, выход элемента 32 подключен к первым входам элементов 60, 61, 62, выход элемента 33 - к первому входу элемента 59 и вторым входам элементов 61 и 62, выход элемента 34 - ко вторым входам элементов 59, 60 и третьему входу элемента 62, выход элемента 35 - к третьим входам элементов 59, 60 и 61, выход элемента 36 подключен к первым входам элементов 64, 65, 66, выход элемента 37 - к первому входу элемента 63 и вторым входам элементов 65 и 66, выход элемента 38 - ко вторым входам элементов 63, 64 и третьему входу элемента 66, выход элемента 39 - к третьим входам элементов 63, 64 и 65, выход элемента 40 подключен к первым входам элементов 68, 69, 70, выход элемента 41 - к первому входу элемента 67 и вторым входам элементов 69 и 70, выход элемента 42 - ко вторым входам элементов 67, 68 и третьему входу элемента 70, выход элемента 43 - к третьим входам элементов 67, 68 и 69, выходы реле 5, 6, 7 подключены соответственно к первым входам элементов 44, 48,

52 и вторым входам элементов 45, 49, 53 и 47, 51, 55, выходы реле 8, 9, 10 - к первым входам элементов 45, 49, 53 и третьим входам элементов 46, 50, 54 и 47, 51, 55, выходы реле 11, 12, 13 - к первым входам элементов 46, 50, 54 и третьим входам элементов 44, 48, 52 и 45, 49, 53, выходы реле 14, 15, 16 - к первым входам элементов 47, 51, 55 и вторым входам элементов 44, 48, 52 и 46, 50, 54, входы элемента 56 подключены к выходам элементов 44, 45, 46, 47, а выход подключен к четвертым входам элементов 59, 60, 61, 62, входы элемента 57 подключены к выходам элементов 48, 49, 50, 51, а выход подключен к четвертым входам элементов 63, 64, 65, 66, входы элемента 58 подключены к выходам элементов 52, 53, 54, 55, а выход к четвертым входам элементов 67, 68, 69, 70, выходы элементов 59, 63, 67 подключены к входам элемента 71, выходы элементов 60, 64, 68 - к входам элемента 72, выходы элементов 61, 65, 69 - к входам элемента 73, выходы элементов 62, 66, 70 - к входам элемента 74, выход элемента 71 подключен в цепь отключения выключателя 92, к инверсному входу элемента 75 и первым входам элементов 76, 77, выход элемента 72 подключен к вторым входам элементов 75, 76 и 77, выход элемента 73 - к третьему входу элемента 77 и второму входу элемента 78, выход элемента 74 - к второму входу элемента 79, выходы элементов 76 и 77 подключены к первым входам элементов 78 и 79, выходы элементов 75, 78 и 79 подключены в цепи отключения выключателей 93, 94, 95 соответственно.

Ток срабатывания реле 5 - 16 отстраивается от тока холостого хода соответствующей линии. Эти реле предотвращают работу устройства на отключение неповрежденной линии при отключенном состоянии любых трех из четырех линий, как с приемной стороны, так и с питающей, а также при каскадном отключении коротких замыканий, и при обрыве провода с коротким замыканием с противоположной стороны. Сигналы на выходах элементов 32 - 43 сравнения появляются, если выполняются соответствующие неравенства  $\sqrt{M_A I_{Ai}} > k$ ,  $\sqrt{M_A I_{AI}} > k$ ,  $I_{AI}^M > k$ ,  $\sqrt{M_A I_{\Sigma}} > k$ ,  $I_{VBI}^M > k$ ,  $I_{VB}^M > k$ ,  $I_{VB}^M I_{\Sigma} > k$ ,  $\sqrt{M_A I_{\Sigma}} > k$ ,  $I_{\Sigma} > k$ , (где  $I_{\Sigma}^M$ ,  $I_{\Sigma}$  - токи на выходах максиселекторов 29, 30, 31, соответственно;  $k$  - коэффициент отстройки).

Устройство работает следующим образом. В нормальном режиме работы реле 5 - 16 находятся в сработанном состоянии и подают сигналы. Поэтому на выходах элементов 44 - 55 и, соответственно, на выходах элементов 56, 57 и 58 сигналы есть. На входы максиселекторов 29-31 и первые входы элементов 32 - 43 поступают токи через трансформаторы 80-91 тока и трансреакторы 17-28. На выходах максиселекторов 29-31 появляются токи (из-за неидентичности трансформаторов 80-91 и трансреакторов 17-28) и поступают на вторые входы элементов 32 - 43, на выходах которых сигналов нет потому, что вышеуказанные неравенства не выполняются. Так как на выходах элементов 32-43 сигналов нет, то нет их и на выходах элементов 59 -

70. Поэтому элементы 71, 72, 73, 74 сигналов  $i$  выдают. Следовательно, нет сигналов и на выходе элементов 75, 78, 79, и защита не срабатывает. Пр трехфазном коротком (КЗ) замыкании на линии 1 (н чертеже не указано) реле 5-16 остаются сработанными. Поэтому на выходах элементов 44 55, 56, 57 и 58 есть сигналы. Выполняют неравенства  $\sqrt{M_A I_{\Sigma}} > k$ ,  $I_{AI}^M > k$ ,  $\sqrt{M_A I_{\Sigma}} > k$ ,  $\sqrt{M_A I_{BI}} > k$ ,  $\sqrt{M_A I_{\Sigma}} > k$ ,  $I_{PB}^M > k$ ,  $I_{\Sigma} > k$ ,  $I_{\Sigma} > k$ , так как токи в фазах линии больше токов в одноименных фазах остальных линий, и элементы 33, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 44 выдают сигналы. На выходах элементов 32, 36 и 43 сигналов нет. Элементы 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 67 70 сигналов не выдают, так как на один из их входов сигнал не поступил. Элементы 59, 63, 67 выдают сигналы, и, через элемент 71, выключатель 92 отключает линию 1. При двухфазном КЗ на линии между фазами В и С точка 100 (фиг.2), при наличии тока в неповрежденных фазах реле 5-16 остаются сработанными, при отсутствии - сработанными остаются реле 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, а реле 5, 8, и 14 возвращаются в исходные положения. В обоих случаях элементы 32 - 35, 36, 40, 44 - 47, 56, 59 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75 - 79 сигналов  $i$  выдают, а элементы 37, 38, 39, 41, 42, 43, 48 - 55, 58, 63, 67, 71 - выдают. Выключатель 92 отключается. При двухфазном КЗ в зоне каскадно действия на линии 1, между фазами А и В (пос. отключения выключателя 96), реле 5, 6, 8 - остаются сработанными, а реле 7 - нет. Элементы 33 34, 35, 37, 38, 39, 44 - 51, 56, 57, 59, 63 выдают сигналы, и через элемент 71 выключатель 92 отключается. При однофазном КЗ на линии 1 в фазе А (на чертеже не указано) при наличии токов неповрежденных фаз, реле 5-16 остаются сработанными, при отсутствии - сработанными остаются реле 5, 8, 11 и 14, а остальные реле возвращаются в исходные положения. В обоих случаях элементы 33, 34, 35, 44 - 47, 56, 59, выдают сигналы, и выключатель 92 отключает. При однофазном КЗ на линии 1 в фазе А, точка 1 (фиг.2), в зоне каскадного действия защиты сработанными остаются реле 5, 8 - 16, а реле 6 и возвращаются в исходные положения. Элементы 2 34, 35, 44 47, 56, 59, 71 выдают сигналы, выключатель 92 отключается. При двойном замыкании на землю в сетях с изолированными нейтралью, если одно замыкание произошло например, на линии 1 фазы С, а другое - фазы А линии, отходящей от питаемой подстанции, точка 102, 104 (фиг.3), то при наличии тока неповрежденных фаз сработанными остаются реле 5-16 (фиг.1), а при отсутствии - реле 5, 7, 8, 10, 13, 14, 16. В обоих случаях элементы 41, 42, 43, 57 55, 58, 67, 71 выдают сигналы, и выключатель отключается. Если одно замыкание произошло например, на линии 1 фазы С в зоне каскадно действия защиты, а другое - фазы А ЛИНР отходящей от питаемой подстанции, точки 103, 1 (фиг.3), то сработанными остаются реле 7-1 Элементы 41, 42, 43, 52 - 55, 58, 67, 71 выдают

сигналы, и выключатель 92 отключается. Если одно замыкание произошло на линии 1 фазы С точка 102, а другое - на линии 2 фазы В, точка 105 (фиг. 3). При наличии тока в неповрежденных фазах сработанными остаются реле 5 - 16, а при отсутствии - реле 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16. В обоих случаях появляются сигналы на выходах элементов 36, 38, 39, 41, 42, 43, 48 - 55, 57, 58, 64, 67, 71, 72. При этом элемент 75 сигнала не выдает. Поэтому отключается только выключатель 92. При обрыве фазного провода, например, фазы А на линии 1 (фиг.4), и одностороннем его коротком замыкании на землю (с противоположной стороны), элементы 33-43 сигналов не выдают. Защита не срабатывает.

При отключенном состоянии одной из линий с противоположной стороны, например, линии 1, защита работает на три параллельные линии, и реле 5, 6 и 7 возвращаются в исходные положения. В этом случае, при трехфазном КЗ на линии 2 (на чертеже не указано) реле 8-16 остаются сработанными. Элементы 32, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 44 - 58, 60, 64, 68, 72, 75 выдают сигналы. Поэтому выключатель 93 отключается. При двухфазном КЗ на линии 2, между фазами А и В (на чертеже не указано), при наличии тока в неповрежденных фазах реле 8-16 остаются сработанными, при отсутствии сработанными остаются реле 8, 9, 11, 12, 14, 15, а реле 10, 13 и 16 возвращаются в исходные положения. В обоих случаях элементы 32, 34, 35, 36, 38, 39, 44 - 51, 56, 57, 60, 64, 72, 75 выдают сигналы, и выключатель 93 отключается. При двухфазном КЗ на линии 2, между фазами А и В точка 106 (фиг.2), в зоне каскадного действия защиты реле 8, 9, 11 - 16 остаются сработанными, а реле 10 возвращается в исходное положение. Элементы 32, 34, 35, 36, 38, 39, 44 - 51, 56, 57, 60, 64, 72, 75 выдают сигналы. Выключатель 93 отключается. При однофазном КЗ на линии 2 в фазе А при наличии токов в неповрежденных фазах реле 8-16 остаются сработанными, при отсутствии - сработанными остаются реле 8, 11 и 14, а остальные возвращаются в исходные положения. В обоих случаях элементы 32, 34, 35, 44 - 47, 56, 60, 72, 75 выдают сигналы, и выключатель 93 отключается. При однофазном КЗ на линии 2 в фазе А в зоне каскадного действия защиты сработанными остаются реле 8, 11 - 16, а реле 9 и 10 возвращаются в исходные положения. Элементы 32, 34, 35, 44 - 47, 56, 60, 72, 75 выдают сигналы, и выключатель 93 отключается. При обрыве фазного провода, например, фазы А на линии 2, и одностороннем коротком замыкании на землю (с противоположной стороны), на выходах элементов 34, 35 сигналов нет, поэтому элементы 59 - 62 сигналов не выдают. Защита не срабатывает. При двойных замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью, если одно замыкание произошло, например, в фазе В линии 2, а другое - в фазе А линии, отходящей от питаемой подстанции, точки 105, 104 (фиг.3), то при наличии тока в неповрежденных фазах сработанными остаются реле 8-16 (фиг.1), при отсутствии - реле 8, 9, 11 - 16. В обоих случаях элементы 36, 38, 39, 48 - 51, 57, 64, 72, 75 выдают сигналы, и выключатель 93 отключается.

Если одно замыкание произошло, например, в фазе В линии 2 в зоне каскадного действия защиты, а другое - в фазе А линии, отходящей от питаемой подстанции, точки 107, 104 (фиг.3), то сработанными остаются реле 9, 11 - 16. Элементы 36, 38, 39, 48 - 51, 57, 64, 72, 75 выдают сигналы, и выключатель 93 отключается. Если одно замыкание произошло на линии 2 фазы В, а другое - на линии 3 фазы С (на чертеже не указано), то при наличии тока в неповрежденных фазах сработанными остаются реле 8 - 16, а при отсутствии - 9, 10, 12, 13, 15, 16. В обоих случаях появляются сигналы на выходах элементов 36, 38, 39, 40, 41, 43, 48 - 55, 57, 58, 64, 69, 72, 73, 75, и выключатель 93 отключается.

При отключенном состоянии двух линий, например, линий 1 и 2, защита работает на две параллельные линии, и реле 5-10 возвращаются в исходные положения. В этом случае при трехфазном коротком замыкании на линии 3 реле тока 11-16 остаются сработанными. Элементы 32, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 44 - 58, 61, 65, 69, 73, 76, 78 выдают сигналы, и выключатель 94 отключает линию 3. Аналогично рассматривается работа устройства в остальных режимах.

При отключенном состоянии трех линий, например, 1, 2, 3 реле тока 5-13 возвращаются в исходные положения, элементы 56, 57, 58 сигналов не выдают. Защита выводится из действия.

Экономический эффект - уменьшение затрат на ремонт линий электропередач за счет своевременного их отключения при коротких замыканиях.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство для защиты четырех параллельных линий, содержащее первый, второй и третий максиселекторы, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый элементы сравнения, отличающееся тем, что дополнительно введены первое, второе, третье, четвертое, пятое, шестое, седьмое, восьмое, девятое, десятое, одиннадцатое, двенадцатое реле тока, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый трансреакторы, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый, шестнадцатый элементы ИЛИ, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый, шестнадцатый (с одним инверсным входом), семнадцатый, восемнадцатый элементы И, первый (двухходовой) и второй (трехходовой) элементы ИЛИ-НЕ, причем первое, второе, третье токовые реле и первичные обмотки первого, второго, третьего трансреакторов подключены к трансформаторам тока фаз А, В, С первой линии соответственно, четвертое, пятое, шестое реле тока и первичные обмотки четвертого, пятого, шестого трансреакторов подключены к

трансформаторам тока фаз А, В, С второй линии соответственно, седьмое, восьмое, девятое реле тока и первичные обмотки седьмого, восьмого, девятого трансреакторов подключены к трансформаторам тока фаз А, В, С третьей линии соответственно, десятое, одиннадцатое, двенадцатое реле тока и первичные обмотки десятого, одиннадцатого, двенадцатого трансреакторов подключены к трансформаторам тока фаз А, В, С четвертой линии соответственно, выход первого реле тока подключен к первому входу первого элемента ИЛИ, вторым входам четвертого и десятого элементов ИЛИ, выход второго реле тока - к первому входу второго, второму входу пятого и второму входу одиннадцатого элементов ИЛИ, выход третьего реле тока - к первому входу третьего, второму входу шестого и второму входу двенадцатого элементов ИЛИ, выход четвертого реле тока - к первому входу четвертого элемента ИЛИ и третьим входам седьмого и десятого элементов ИЛИ, выход пятого реле тока - к первому входу пятого элемента ИЛИ и третьим входам восьмого и одиннадцатого элементов ИЛИ, выход шестого реле тока - к первому входу шестого элемента ИЛИ и третьим входам девятого и двенадцатого элементов ИЛИ, выход седьмого реле тока - к первому входу седьмого и третьим входам первого и четвертого - элементов ИЛИ, выход восьмого реле тока - к первому входу восьмого и третьим входам второго и пятого элементов ИЛИ, выход девятого реле тока - к первому входу девятого и третьим входам третьего и шестого элементов ИЛИ, выход десятого реле тока - к первому входу десятого элемента ИЛИ и вторым входам первого и седьмого элементов ИЛИ, выход одиннадцатого реле тока - к первому входу одиннадцатого элемента ИЛИ и вторым входам второго и восьмого элементов ИЛИ, выход двенадцатого реле тока - к первому входу двенадцатого элемента ИЛИ и вторым входам третьего и девятого элементов ИЛИ, выходы первого, четвертого, седьмого и десятого элементов ИЛИ подключены к входам первого элемента И, выходы второго, пятого, восьмого и одиннадцатого элементов ИЛИ подключены к входам второго элемента И, выходы третьего, шестого, девятого и двенадцатого элементов ИЛИ подключены к входам третьего элемента И, входы первого максиселектора и первые входы первого, четвертого, седьмого, десятого элементов сравнения подключены к вторичным обмоткам первого, четвертого, седьмого, десятого трансреакторов, входы второго максиселектора и первые входы второго, пятого, восьмого, одиннадцатого элементов сравнения - к вторичным обмоткам второго, пятого, восьмого, одиннадцатого трансреакторов, входы третьего максиселектора и первые входы третьего, шестого, девятого, двенадцатого элементов сравнения - к вторичным обмоткам третьего, шестого, девятого, двенадцатого трансреакторов, выход первого максиселектора подключен к вторым входам первого, четвертого, седьмого и десятого элементов сравнения, выход второго максиселектора - к вторым входам второго, пятого, восьмого и одиннадцатого элементов сравнения, выход третьего

максиселектора - подключен к вторым входам третьего, шестого, девятого и двенадцатого элементов сравнения, выход первого элемент; сравнения подключен - к первым входам пятого шестого и седьмого элементов И, выход второй элемента сравнения - к первым входам девятого десятого и одиннадцатого элементов И, выход третьего элемента сравнения - к первым входам тринадцатого, четырнадцатого и пятнадцатого элементов И, выход четвертого элемента сравнения к первому входу четвертого элемента И и вторым входам шестого и седьмого элементов И, выход пятого элемента сравнения - к первому входу; восьмого элемента И и вторым входам десятого и одиннадцатого элементов И, выход шестой элемента сравнения - к первому входу двенадцатой элемента И и вторым входам четырнадцатого и пятнадцатого элементов И, выход седьмого элемент; сравнения - к вторым входам четвертого и пятого элементов И и третьему входу седьмого элемента И и выход восьмого элемента сравнения - к вторым входам восьмого и девятого элементов И и третьем; входу одиннадцатого элемента И, выход девятой элемента сравнения - к вторым входам двенадцатой и тринадцатого элементов И и третьему входу пятнадцатого элемента И, выход десятого элемент сравнения - к третьим входам четвертого, пятого шестого элементов И, выход одиннадцатого элемента сравнения - к третьим входам восьмой девятого и десятого элементов И, выход двенадцатого элемента сравнения - к третьим входа двенадцатого, тринадцатого и четырнадцатого элементов И, выход первого элемента И подключен четвертым входам четвертого, пятого, шестого седьмого элементов И, выход второго элемента И - четвертым входам восьмого, девятого, десятого одиннадцатого элементов И, выход третьего элемент И - к четвертым входам двенадцатого, тринадцатой четырнадцатого и пятнадцатого элементов \ выходы четвертого, восьмого и двенадцатого элементов И подключены к входам тринадцатой элемента ИЛИ, выход которого подключен инверсному входу шестнадцатого элемента И, первым входам первого и второго элементов ИЛИ-НЕ и в цепь отключения выключателя первой линии: выходы пятого, девятого и тринадцатого элементов подключены к входам четырнадцатого элемент ИЛИ, а его выход подключен к не инверсному входу шестнадцатого элемента И и к вторым входа первого и второго элементов ИЛИ-НЕ, выход шестого, десятого и четырнадцатого элементов подключены к входам пятнадцатого элемента ИЛИ, его выход подключен ко второму ВХОЗ семнадцатого элемента И и третьему входу второй элемента ИЛИ-НЕ, выходы седьмого, одиннадцатой и пятнадцатого элементов И подключены к входа шестнадцатого элемента ИЛИ, а его выходы подключен ко второму входу восемнадцатой элемента И, выходы первого и второго элементе ИЛИ-НЕ подключены к первым входа семнадцатого и восемнадцатого элементов I соответственно, выходы которых - в цепи отключения выключателей третьей и четвертой линий.

	5	44		
	8			
	11	ö 1 i46	56	
	<b>121</b>	47		
80	- 1 7	32	591	
83,	<sup>l</sup> -120	33	60	
86		<sup>29</sup>	61	
89,	<b>Ii.</b> 26	<sup>„Г</sup> 3 _Т 35L	62	
	6	E^48j		
		H 4 9		
	12	50	<b>Ii</b> <sub>57</sub>	
	151	51		
81	18j—	36	63	71 . к 92
84	<sup>^</sup> 2 1	<b>371</b>	64	72 751+ к 93
87	<b>24H+</b>	<sup>30</sup> 38 <sup>1</sup>	65	173 — 76 к 94
90	<b>J</b> 184	39	66j	77 )]. к 95
	<b>И7 U</b>	- H 5 2		
	101	53		
	<b>Тзі.</b>	54	58	
	<b>1 6 h</b>	55		
82.	19	40	67	
85	22	41 <b>L</b>	P 6 8	
88,	25	<sup>31</sup> 421-	• -69	
91	28 —'	,43+-	70	

**Фиг.1**