



УКРАЇНА

(19) UA (11) 23192 (13) A

(51)6 G 01 R 31/06

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВО

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

без проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23 XII 1993 р

Публікується
в редакції заявника

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СПРАЦЮВАННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

1

2

(21) 96083226

(22) 12.08.96

(24) 19.05.98

(46) 31.08.98. Бюл. № 4

(47) 19.05.98

(72) Мокін Борис Іванович, Грабко Володимир Віталійович, Дінь Тхань В'єт (VN)

(73) Вінницький державний технічний університет

(57) Устрійство для измерения износа силовых трансформаторов, содержащее первый датчик температуры, выход которого через первый преобразователь температуры в напряжение подключен к первому входу первого сумматора, со вторым входом которого соединен датчик тока через преобразователь тока в постоянное напряжение, первый генератор импульсов, первый счетчик импульсов, первый, второй и третий компараторы, о т л и ч а ю щ е с я тем, что в него введены второй датчик температуры, второй преобразователь температуры в напряжение, первый и второй масштабирующие усилители, источник опорного напряжения, функциональный преобразователь, второй и третий сумматоры, второй и третий генераторы импульсов, второй, третий и четвертый счетчики импульсов, первый и второй реверсивные счетчики импульсов, первый и второй цифроаналоговые преобразователи, цифровой коммутатор, цифровой компаратор, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой и восьмой элементы И, RS-триггер, блок установки нуля, первый и второй индикаторы, элемент ИЛИ, блок задания ресурса, первый и второй диоды, делитель частоты, инвертор, причем выход второго датчика температуры через второй

преобразователь температуры в напряжение соединен со входом первого масштабирующего усилителя, выход которого подключен ко второму входу второго сумматора и к первому входу третьего сумматора, второй вход которого соединен с третьим входом второго сумматора и выходом второго масштабирующего усилителя, ко входу которого подключен выход первого преобразователя температуры в напряжение, выход источника опорного напряжения соединен с первым входом второго сумматора, выход которого подключен к первому входу первого компаратора, второй вход которого соединен с выходом первого цифроаналогового преобразователя, ко входной цифровой шине которого подключена выходная цифровая шина второго реверсивного счетчика импульсов, первый и второй входы которого соединены с выходами пятого и шестого элементов И соответственно, выход первого компаратора подключен к катоду второго диода и к аноду первого диода, катод которого соединен с первыми входами первого элемента И и пятого элемента И, второй вход которого, а также первый вход шестого элемента И и вход делителя частоты подключены к выходу четвертого элемента И, первый вход которого соединен с выходом третьего генератора импульсов, а второй вход и первый вход третьего элемента И подключены к выходу второго компаратора, вход которого соединен с выходом третьего сумматора, выход делителя частоты подключен ко вторым входам первого и второго элементов И, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами первого реверсивного счетчика импульсов,

(19) UA (11) 23192 (13) A

выходная цифровая шина которого подключена ко входной цифровой шине цифрового коммутатора, первый, второй, третий и четвертый входы которого соединены соответственно с четвертым, третьим, вторым и первым выходами второго счетчика импульсов, а выход подключен ко второму входу третьего элемента И, выход которого соединен с первым входом третьего счетчика импульсов, а второй вход, а также и второй вход первого счетчика импульсов подключены к выходу блока установки нуля, выход второго генератора импульсов соединен со входом второго счетчика импульсов, с S-входом RS-триггера и со вторым входом четвертого счетчика импульсов, первый вход которого, а также первый вход первого счетчика импульсов подключены к выходу седьмого элемента И, первый вход которого соединен с выходом первого генератора импульсов, а второй вход подключен к выходу RS-триггера, R-вход которого соединен с выходом третьего компаратора, первый вход

которого подключен к выходу первого сумматора через функциональный преобразователь, а второй вход соединен с выходом второго цифро-аналогового преобразователя, входная цифровая шина которого подключена к выходной цифровой шине четвертого счетчика импульсов, выходная цифровая шина блока задания ресурса соединена с первой входной цифровой шиной цифрового компаратора, вторая входная цифровая шина которого подключена к выходной цифровой шине третьего счетчика импульсов, а выход соединен со входом первого индикатора и с первым входом элемента ИЛИ, выход которого подключен в цепи сигнализации, а второй вход и вход второго индикатора соединены с выходом восьмого элемента И, входная цифровая шина которого подключена к выходной цифровой шине первого счетчика импульсов, анод второго диода через инвертор соединен с первым входом второго элемента И и со вторым входом шестого элемента И.

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано для измерения износа силовых трансформаторов.

Известно устройство для измерения ресурса работы силовых трансформаторов [Авт.св. № 625169, опублик. 1978], содержащее тепловую модель наиболее нагретой точки обмотки с многоконтактным термометром на выходе, счетчик электрической энергии, автотрансформатор, причем токовая обмотка счетчика подключена к выводам автотрансформатора через контакты реле, управляемых термометром, а обмотка напряжения подключена параллельно обмотке автотрансформатора, соединенного с источником стабилизированного напряжения.

Недостатками данного устройства является низкая точность в определении рабочего ресурса силовых трансформаторов, а также небольшие функциональные возможности, поскольку устройство позволяет оценить рабочий ресурс только обмотки силового трансформатора, в то время как ресурс вводов трансформатора, от надежности работы которых зависит надежность работы всего трансформатора, не определяется.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является устройство для измерения износа силовых трансформа-

торов [Авт.св.СССР № 691787, опублик. 1979], содержащее измерительный трансформатор тока, установленный в фазе силового трансформатора и соединенный через функциональный преобразователь со вторым входом сумматора, первый вход которого подключен к датчику температуры верхних слоев трансформаторного масла через преобразователь температуры в напряжение, выходы сумматора через n пороговых элементов соединены со входами генератора импульсов, управляющий вход которого подключен к выходу блока управления, а выход соединен со счетчиком импульсов.

Главным недостатком данного устройства является также низкая точность в измерении износа силового трансформатора, ограниченная некоторым числом пороговых элементов. При увеличении общего количества пороговых элементов растут аппаратные затраты, в то время как надежность устройства в целом снижается. Кроме того, данное устройство позволяет определять лишь только тепловой износ изоляции обмоток силового трансформатора, а рабочий ресурс вводов, от которых существенно зависит рабочий ресурс силового трансформатора, не определяется.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования устройства для из-

5

10

15

20

25

30

меньшая износа силовых трансформаторов, в которое вводится ряд блоков и соответствующих связей, что позволяет измерять рабочий ресурс не только обмоток силового трансформатора, но и высоковольтного ввода и за счет этого расширяются функциональные возможности устройства.

Поставленная задача достигается тем, что в устройство для измерения износа силовых трансформаторов, содержащее датчик температуры верхних слоев трансформаторного масла (в дальнейшем — первый датчик температуры), преобразователь температуры в напряжение (в дальнейшем — первый преобразователь температуры в напряжение), сумматор (в дальнейшем — первый сумматор), измерительный трансформатор тока (в дальнейшем — датчик тока), преобразователь тока в постоянное напряжение, генератор импульсов (в дальнейшем — первый генератор импульсов), счетчик импульсов (в дальнейшем — первый счетчик импульсов), первый пороговый элемент (в дальнейшем — первый компаратор), второй пороговый элемент (в дальнейшем — второй компаратор), третий пороговый элемент (в дальнейшем — третий компаратор), причем выход первого датчика температуры через первый преобразователь температуры в напряжение подключен к первому входу первого сумматора, со вторым входом которого соединен датчик тока через преобразователь тока в постоянное напряжение, дополнительно снабжено вторым датчиком температуры, вторым преобразователем температуры в напряжение, двумя масштабирующими усилителями, источником опорного напряжения, функциональным преобразователем, двумя сумматорами, двумя генераторами импульсов, тремя счетчиками импульсов, двумя реверсивными счетчиками импульсов, двумя цифро-аналоговыми преобразователями (ЦАП), цифровым коммутатором, цифровым компаратором, восемью элементами И, RS-триггером, блоком установки нуля, двумя индикаторами, элементом ИЛИ, блоком задания ресурса, двумя диодами, делителем частоты, инвертором, причем выход второго датчика температуры через второй преобразователь температуры в напряжение соединен со входом первого масштабирующего усилителя, выход которого подключен ко второму входу второго сумматора и к первому входу третьего сумматора, второй вход которого соединен с третьим входом второго сумматора и выходом второго масштабирующего усилителя, ко входу которого подключен выход первого преобразователя температуры в напряжение, выход источни-

ка опорного напряжения соединен с первым входом второго сумматора, выход которого подключен к первому входу первого компаратора, второй вход которого соединен с выходом первого ЦАП, ко входной цифровой шине которого подключена выходная цифровая шина второго реверсивного счетчика импульсов, первый и второй входы которого соединены с выходами пятого и шестого элементов И соответственно, выход первого компаратора подключен к катоду второго диода и к аноду первого диода, катод которого соединен с первыми входами первого элемента И и пятого элемента И, второй вход которого, а также первый вход шестого элемента И и вход делителя частоты подключены к выходу четвертого элемента И, первый вход которого соединен с выходом третьего генератора импульсов, а второй вход и первый вход третьего элемента И подключены к выходу второго компаратора, вход которого соединен с выходом третьего сумматора, выход делителя частоты подключен ко вторым входам первого и второго элементов И, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами первого реверсивного счетчика, выходная цифровая шина которого подключена ко входной цифровой шине цифрового коммутатора, первый, второй, третий и четвертый входы которого соединены соответственно с четвертым, третьим, вторым и первым выходами второго счетчика импульсов, а выход подключен ко второму входу третьего элемента И, выход которого соединен с первым входом третьего счетчика импульсов, а второй вход, а также и второй вход первого счетчика импульсов подключены к выходу блока установки нуля, выход второго генератора импульсов соединен со входом второго счетчика импульсов, с S-входом RS-триггера и со вторым входом четвертого счетчика импульсов, первый вход которого, а также первый вход первого счетчика импульсов подключены к выходу седьмого элемента И, первый вход которого соединен с выходом первого генератора импульсов, а второй вход подключен к выходу RS-триггера, R-вход которого соединен с выходом третьего компаратора, первый вход которого подключен к выходу первого сумматора через функциональный преобразователь, а второй вход соединен с выходом второго ЦАП, входная цифровая шина которого подключена к выходной цифровой шине четвертого счетчика импульсов, выходная цифровая шина блока задания ресурса соединена с первой входной цифровой шиной цифрового компаратора, вторая входная цифровая шина которого подключена к выходной цифровой шине третьего счетчика

импульсов, а выход соединен со входом первого индикатора и с первым входом элемента ИЛИ, выход которого подключен в цепи сигнализации, а второй вход и вход второго индикатора соединены с выходом восьмого элемента И, входная цифровая шина которого подключена к выходной цифровой шине первого счетчика импульсов, анод второго диода через инвертор соединен с первым входом второго элемента И и со вторым входом шестого элемента И

Устройство для измерения износа силовых трансформаторов поясняется чертежом, на котором изображена его структурная схема.

На схеме: 1 – второй датчик температуры; 2 – второй преобразователь температуры в напряжение; 3 – первый масштабирующий усилитель; 4 – источник опорного напряжения; 5 – второй сумматор; 6 – первый компаратор; 7, 8 – первый и второй диоды; 9 – инвертор; 10 – второй генератор импульсов; 11 – второй счетчик импульсов; 12, 13 – первый и второй элементы И; 14 – первый реверсивный счетчик импульсов; 15 – цифровой коммутатор; 16 – третий элемент И; 17 – блок задания ресурса; 18 – третий счетчик импульсов; 19 – цифровой компаратор; 20 – первый индикатор; 21 – блок установки нуля; 22 – делитель частоты; 23 – первый датчик температуры; 24 – первый преобразователь температуры в напряжение; 25 – второй масштабирующий усилитель; 26 – третий сумматор; 27 – второй компаратор; 28 – третий генератор импульсов; 29, 30, 31 – четвертый, пятый и шестой элементы И; 32 – второй реверсивный счетчик импульсов; 33 – первый ЦАП; 34 – элемент ИЛИ; 35 – датчик тока; 36 – преобразователь тока в постоянное напряжение; 37 – первый сумматор; 38 – функциональный преобразователь; 39 – третий компаратор; 40 – RS-триггер; 41 – первый генератор импульсов; 42 – седьмой элемент И; 43 – четвертый счетчик импульсов; 44 – второй ЦАП; 45 – первый счетчик импульсов; 46 – восьмой элемент И; 47 – второй индикатор, причем выход первого датчика температуры 23 через первый преобразователь температуры в напряжение 24 подключен к первому входу первого сумматора 37, со вторым входом которого соединен датчик тока 35 через преобразователь тока в постоянное напряжение 36, выход второго датчика температуры 1 через второй преобразователь температуры в напряжение 2 соединен со входом первого масштабирующего усилителя 3, выход которого подключен ко второму входу второго сумматора 5 и к первому входу

третьего сумматора 26, второй вход которого соединен с третьим входом второго сумматора 5 и выходом второго масштабирующего усилителя 25, ко входу которого подключен выход первого преобразователя температуры в напряжение 24, выход источника опорного напряжения 4 соединен с первым входом второго сумматора 5, выход которого подключен к первому входу первого компаратора 6, второй вход которого соединен с выходом первого ЦАП 33, ко входной цифровой шине которого подключена выходная цифровая шина второго реверсивного счетчика импульсов 32, первый и второй входы которого соединены с выходами пятого 30 и шестого 31 элементов И соответственно, выход первого компаратора 6 подключен к катоду второго диода 8 и к аноду первого диода 7, катод которого соединен с первыми входами первого элемента И 12 и пятого элемента И 30, второй вход которого, а также первый вход шестого элемента И 31 и вход делителя частоты 22 подключены к выходу четвертого элемента И 29, первый вход которого соединен с выходом третьего генератора импульсов 28, а второй вход и первый вход третьего элемента И 16 подключены к выходу второго компаратора 27, вход которого соединен с выходом третьего сумматора 26, выход делителя частоты 22 подключен ко вторым входам первого 12 и второго 13 элементов И, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами первого реверсивного счетчика 14, выходная цифровая шина которого подключена ко входной цифровой шине цифрового коммутатора 15, первый, второй, третий и четвертый входы которого соединены соответственно с четвертым, третьим, вторым и первым выходами второго счетчика импульсов 11, а выход подключен ко второму входу третьего элемента И 16, выход которого соединен с первым входом третьего счетчика импульсов 18, а второй вход, а также и второй вход первого счетчика импульсов 45 подключены к выходу блока установки нуля 21, выход второго генератора импульсов 10 соединен со входом второго счетчика импульсов 11, с S-входом RS-триггера 40 и со вторым входом четвертого счетчика импульсов 43, первый вход которого, а также первый вход первого счетчика импульсов 45 подключены к выходу седьмого элемента И 42, первый вход которого соединен с выходом первого генератора импульсов 41, а второй вход подключен к выходу RS-триггера 40, R-вход которого соединен с выходом третьего компаратора 39, первый вход которого подключен к выходу первого сумматора 37 через функциональный преоб-

создатель 38, а второй вход соединен с выходом второго ЦАП 44, входная цифровая шина которого подключена к выходной цифровой шине четвертого счетчика импульсов 43, выходная цифровая шина блока задания ресурса 17 соединена с первой входной цифровой шиной цифрового компаратора 19, вторая входная цифровая шина которого подключена к выходной цифровой шине третьего счетчика импульсов 18, а выход соединен со входом первого индикатора 20 и с первым входом элемента ИЛИ 34, выход которого подключен в цепи сигнализации, а второй вход и вход второго индикатора 47 соединены с выходом восьмого элемента И 46, входная цифровая шина которого подключена к выходной цифровой шине первого счетчика импульсов 45, анод второго диода 8 через инвертор 9 соединен с первым входом второго элемента И 13 и со вторым входом шестого элемента И 31.

За счет введения в устройство второго датчика температуры, второго преобразователя температуры в напряжение, двух масштабирующих усилителей, источника опорного напряжения, функционального преобразователя, двух сумматоров, двух генераторов импульсов, трех счетчиков импульсов, двух реверсивных счетчиков импульсов, двух ЦАП, цифрового коммутатора, цифрового компаратора, восьми элементов И, RS-триггера, блока установки нуля, двух индикаторов, элемента ИЛИ, блока задания ресурса, двух диодов, делителя частоты, инвертора появляется возможность определять рабочий ресурс высоковольтного ввода силового трансформатора, что позволяет расширить функциональные возможности устройства.

Предложенное устройство работает следующим образом.

При подаче питающего напряжения на схему блок установки нуля 21 коротким импульсом переводит в исходное нулевое состояние третий 18 и первый 45 счетчики импульсов. Одновременно на выходах второго 10, третьего 28 и первого 41 генераторов импульсов начинают вырабатываться последовательности импульсов. На выходе источника опорного напряжения 4 появляется установившееся значение напряжения. Предполагается, что в блоке задания ресурса 17 в цифровом виде записано значение рабочего ресурса высоковольтного ввода. Для измерения износа силового трансформатора датчики устройства распределены по объекту следующим образом: первый датчик температуры 23 установлен на баке силового трансформатора и предназначен для измерения температуры наиболее нагретой точки верхних слоев трансформаторного

масла. Датчик тока 35 установлен в цепи вторичной обмотки силового трансформатора. Второй датчик температуры 1 предназначен для измерения температуры окружающей среды.

Согласно уравнению Монтзингера, которое принято в качестве закона старения изоляции обмоток,

$$L = L_0 \cdot 1^{\alpha \theta} = L_0 \cdot 1^{\alpha (\theta_T + \theta_M)}, \quad (1)$$

где L — длительность "жизни" изоляции;

L_0 — срок службы изоляции, соответствующий постоянной температуре, принятой в качестве нормированной, — нормативный срок службы обмоток силового трансформатора;

α — коэффициент, учитывающий изменение срока службы изоляции при изменении температуры θ наиболее нагретой точки изоляции обмоток;

θ_T — превышение температуры наиболее нагретой точки изоляции над температурой масла;

θ_M — температура масла.

Превышение температуры обмотки θ_T , учитывая возможность пренебрежения ее постоянной времени нагрева, можно представить в виде

$$\theta_T = \beta^t \cdot \tau_n \cdot K^n, \quad (2)$$

где β^t — коэффициент, учитывающий разность температур между средней и наиболее нагретой точками обмоток;

τ_n — установившийся средний перегрев обмотки над температурой масла в номинальном режиме;

K — кратность тока нагрузки трансформатора;

n — коэффициент, зависящий от системы охлаждения трансформатора.

В соответствии с уравнением (1) мгновенное старение изоляции трансформатора определяется экспоненциальной функцией со степенью, равной сумме $(\theta_T + \theta_M)$.

Тогда суммарное значение износа обмоток силового трансформатора за некоторый промежуток времени определяется как

$$R = m \int_0^1 1^{\alpha (\theta_T + \theta_M)} dt, \quad (3)$$

где m — масштабный коэффициент.

Для высоковольтных герметичных вводов силовых трансформаторов с бумажно-

масляной изоляцией отмечается характерное повреждение из-за появления осадка на нижних фарфоровых покрышках вводов. Осадок образуется и накапливается в длительном процессе эксплуатации и со временем достигает некоторого предела, при котором сильно способствует развитию разрядов при рабочем напряжении. Интенсивность осадка с ростом температуры увеличивается, однако при температуре 70°C и менее осадка не наблюдается. Чем больше интенсивность осадка, тем больше вероятность поверхностного разряда, развитие которого приводит к разрушению ввода. Пусть за некоторое время Δt , при котором температура T не изменяется, на нижней фарфоровой покрышке ввода образуется микроколичество осадка Δm . Тогда чем длительнее Δt , тем больше Δm и чем больше T (при $T \geq 70^\circ\text{C}$), тем больше Δm . Отсюда следует

$$\Delta m = [a+b(T(t) - T_0)] \Delta t, \quad (4)$$

где коэффициент a и b , зависят от вида масла ($T=750$ или ГК) и группового состава масел (для однотипных вводов с однотипным маслом они неизменны);

T_0 — некоторая температура, при достижении которой во вводе начинается процесс образования осадка. Принимаем $T_0 = 70^\circ\text{C}$, так как при этой температуре практически не наблюдается осадка.

Количество осадка оцениваем через его массу m за время эксплуатации от момента установки t_0 до настоящего момента времени t , то есть

$$m = \int_{t_0}^t dm, \quad (5)$$

Из формулы (5) следует, что

$$dm = \begin{cases} [a+b(T(t)-T_0)]dt & \text{при } T \geq T_0 \\ 0 & \text{при } T < T_0 \end{cases} \quad (6)$$

а из формул (5), (6) —

$$m = \int_{t_0}^t [a+b(T(t)-T_0)]dt = \int_{t_0}^t (a-bT_0)dt + b \int_{t_0}^t T(t)dt \quad (7)$$

или

$$m = (a-bT_0)t\Sigma + b \sum_{T_1 \geq T_0} T_1 \Delta t_1 \quad (8)$$

где $t\Sigma$ — суммарное время эксплуатации, в течение которого температура T масла во вводе превышает значение T_0 ;

Δt_1 — время, в течение которого температура масла во вводе мало изменяется, колеблясь вокруг некоторой средней температуры $T_1 \geq T_0$ около $1-2^\circ\text{C}$. К примеру, температуры T_1 можно принять за значения 71, 73, 75°C... и т.д., а — время, в течение которого температура T_1 находится в интервале $70-72^\circ\text{C}$ или $72-74^\circ\text{C}$ или $74-76^\circ\text{C}$... и т.д. Очевидно, что

$$t\Sigma = \sum_{T_1 \geq T_0} \Delta t_1(T_1) \quad (9)$$

Известно, что температура T масла во вводе зависит от тока и температуры окружающего воздуха. T можно определить по формуле

$$T = kT_{\text{окр}} + (1-k)T_{\text{всм}}, \quad (10)$$

где $T_{\text{окр}}$ — температура окружающего воздуха;

$T_{\text{всм}}$ — температура верхних слоев масла в баке трансформатора, которая главным образом зависит от тока,

k — коэффициент, зависящий от соотношения поверхностей и тепловых сопротивлений участков ввода, погруженного в масло и находящегося на воздухе.

Из (8) — (10) следует:

$$m = \sum_{T_1 \geq T_0} [a-bT_0 + bkT_{\text{окр}} + b(1-k)T_{\text{всм}}] \Delta t_1 \quad (11)$$

Очевидно, что существует такое предельное количество осадка $m_{\text{пр}}$, при котором вероятность разрушения ввода перекрытием приближается к единице. $m_{\text{пр}}$ определяется из результатов испытаний на физических моделях или из практики ремонтов герметичных вводов.

Итак, рабочий ресурс высоковольтного ввода определяется следующим образом.

При подаче питающего напряжения на выходе источника опорного напряжения 4 устанавливается сигнал, соответствующий выражению $a-b \cdot T_0$. С выхода второго датчика температуры 1 сигнал, пропорциональный окружающей температуре, через второй преобразователь температуры в постоянное напряжение 2 и через первый масштабирующий усилитель 3, в котором производится

умножение входного сигнала на коэффициент $b \cdot k$, поступает на входы второго 5 и третьего 26 сумматоров. С выхода первого датчика температуры 23 сигнал, пропорциональный температуре верхних слоев трансформаторного масла, через первый преобразователь температуры в постоянное напряжение 24 и через второй масштабирующий усилитель 25, в котором производится умножение входного сигнала на коэффициент $b(1-k)$, поступает на входы второго 5 и третьего 26 сумматоров. При этом на выходе второго сумматора 5 формируется сигнал, пропорциональный выражению

$$a-bT_o+bkT_{окр}+b(1-k)T_{всм},$$

а на выходе третьего сумматора 26 – сигнал, пропорциональный выражению

$$bkT_{окр}+b(1-k)T_{всм}.$$

Если выходной сигнал третьего сумматора 26 меньше порога срабатывания второго компаратора 27, на выходе последнего присутствует сигнал логического нуля и вся схема находится в ждущем состоянии. При этом порог срабатывания второго компаратора 27 соответствует сигналу, пропорциональному температуре масла во вводе 70°C .

Если выходной сигнал второго компаратора 27 равен логической единице, что соответствует превышению температурой масла во вводе значения 70°C , то открывается третий элемент И 16 и импульсы различной скважности поступают на ресурсный счетчик высоковольтного ввода – третий счетчик импульсов 18. При этом частота следования импульсов на выходе цифрового коммутатора 15 зависит от того, какой цифровой код установлен на его входной цифровой шине с выхода первого реверсивного счетчика 14 и с какого выхода второго счетчика импульсов 11, подключенного к выходу второго генератора импульсов 10, импульсы поступают на выход цифрового коммутатора 15.

Пусть, например, температура масла во вводе находится в диапазоне температур $76-78^{\circ}\text{C}$. При этом с третьего выхода второго счетчика импульсов 11 импульсы определенной частоты поступают в третий (ресурсный) счетчик импульсов 18, наполняя его. Кроме того, на выходе первого компаратора 6 присутствует сигнал, близкий к нулю, поскольку на его входах сигналы с выхода второго сумматора 5 и с выхода первого ЦАП 33 уравновешены.

Если температура возрастает, то, спустя некоторое время, устройство переходит работать в диапазон температур $78-80^{\circ}\text{C}$. Это

происходит следующим образом. С ростом температуры сигнал на выходе второго сумматора 5 возрастает и на выходе первого компаратора 6 появляется положительный сигнал логической единицы, который через первый диод 7 подается на входы первого 12 и пятого 30 элементов И, открывая их. При этом с выхода третьего генератора импульсов 28 через четвертый элемент И 29 импульсы поступают на суммирующий (первый) вход второго реверсивного счетчика импульсов 32, выходной цифровой код которого начинает возрастать, что приводит к увеличению аналогового сигнала, получаемого на выходе первого ЦАП 33, подключенного к выходу второго реверсивного счетчика 32. Одновременно с выхода четвертого элемента И 29 импульсы через делитель частоты 22 и через первый элемент И 12 поступают на суммирующий (первый) вход первого реверсивного счетчика импульсов 14, что приводит к увеличению его выходного цифрового кода. Возрастание аналогового сигнала на выходе первого ЦАП 33 продолжается до тех пор, пока сигналы на выходе первого компаратора 6 не уравновесятся, что приведет к закрыванию первого 12 и пятого 30 элементов И. При этом подача импульсов в реверсивные счетчики импульсов 14 и 32 прекращается, на выходе первого реверсивного счетчика импульсов 14 устанавливается цифровой код, вследствие чего на выходе цифрового коммутатора 15 появляются импульсы более высокой частоты, подаваемые с четвертого выхода второго счетчика импульсов 11. Заполнение третьего счетчика импульсов 18 импульсами в этом случае происходит более интенсивно.

Если температура снижается, то, спустя некоторое время, устройство переходит работать в диапазон температур $76-78^{\circ}\text{C}$. Это происходит следующим образом. С уменьшением температуры сигнал на выходе второго сумматора 5 снижается и на выходе первого компаратора 6 появляется отрицательный сигнал логической единицы, который через второй диод 8 поступает в инвертор 9, где преобразуется в положительный сигнал логической единицы, и подается на входы второго 13 и шестого 31 элементов И, открывая их. При этом с выхода четвертого элемента И 29 импульсы поступают на вычитающий (второй) вход второго реверсивного счетчика импульсов 32 и через делитель частоты 22 – на вычитающий (второй) вход первого реверсивного счетчика 14. Выходной цифровой код второго реверсивного счетчика 32 начинает убывать, снижается значение аналогового сигнала на выходе первого ЦАП 33. Одно-

временно уменьшается значение цифрового кода на выходе первого реверсивного счетчика импульсов 14. В момент уравнивания сигналов на входах первого компаратора 6 закрываются второй 13 и шестой 31 элементы И, подача импульсов в счетчики 14 и 32 прекращается. Теперь на выходе цифрового коммутатора 15 присутствуют импульсы, поступающие с третьего выхода второго счетчика импульсов 11. Скорость заполнения импульсами третьего (ресурсного) счетчика импульсов 18 снижается. Аналогично устройством работает в любом температурном диапазоне при температуре во вводе, превышающей 70°C.

Таким образом, за время Δt_1 работы устройства в любом температурном диапазоне в счетчике импульсов 18 происходит накопление импульсов, соответствующее массе выделенного в высоковольтном вводе осадка.

При исчерпании рабочего ресурса высоковольтного ввода коды, записанные в блоке задания ресурса 17 и в третьем счетчике импульсов 18, сравниваются, на выходе цифрового компаратора 19 появляется сигнал логической единицы, который включает первый индикатор 20, свидетельствующий об исчерпании рабочего ресурса ввода, и через элемент ИЛИ 34 подается сигнал в цепи сигнализации оперативному персоналу.

При измерении рабочего ресурса обмоток силового трансформатора сигналы с первого датчика температуры 23 и датчика тока 35 через преобразователи 24 и 36 подаются на входы первого сумматора 37. При этом на его выходе появляется сигнал, пропорциональный $(\theta_r + \theta_m)$. Если RS-триггер 40 установлен в единичное состояние, то седьмой элемент И 42 открыт и импульсы с выхода первого генератора импульсов 41 поступают на вход четвертого счетчика импульсов 43, с выхода которого сигналы по цифровой шине подаются на вход второго ЦАП 44 и с его выхода линейно возрастающий аналоговый сигнал поступает на второй вход третьего компаратора 39, на первый вход которого поступает сигнал, пропорциональный $\alpha(\theta_r + \theta_m)$, с выхода функционального преобразователя 38, осуществляемого преобразование входного сигнала по экспоненциальному закону. Если сигналы на входах третьего компаратора 39 сравниваются, то на его выходе появляется сигнал логической единицы, который переводит RS-триггер 40

в нулевое состояние, элемент И 42 закрывается и подача импульсов от генератора 41 в счетчик 43 прекращается. С приходом очередного импульса с выхода второго генератора импульсов 10 происходит сброс четвертого счетчика импульсов 43 и установка в единичное состояние RS-триггера 40. Цикл работы при этом повторяется. В период, когда открыт седьмой логический элемент И 42, импульсы с его выхода поступают также в первый счетчик импульсов 45 и фиксируются в нем как исчерпанный ресурс работы изоляции обмоток трансформатора за период, начиная со времени t_1 , когда открывается элемент И 42, и до времени t_2 , когда закрывается элемент И 42, в виде интеграла

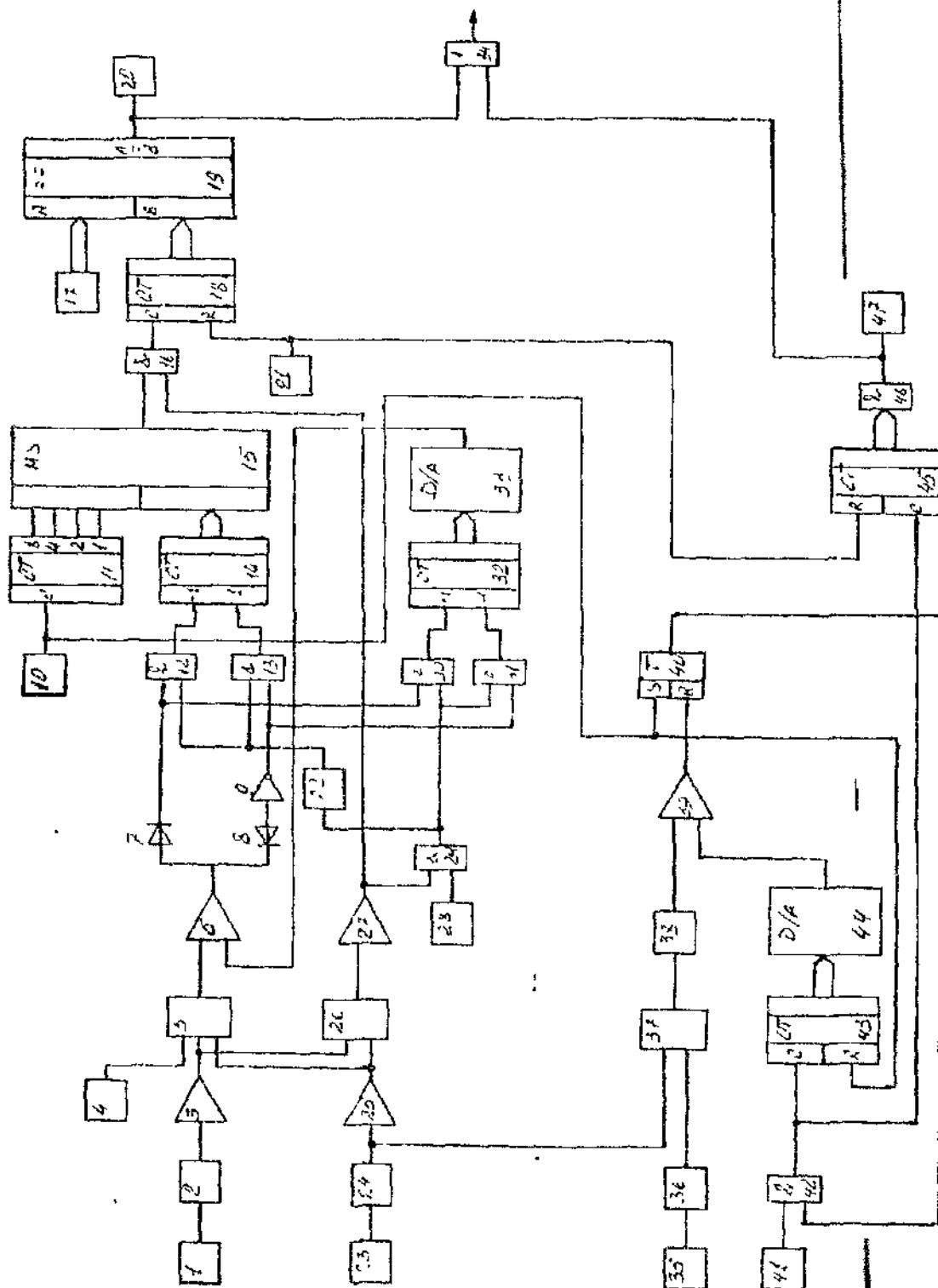
$$\int_{t_1}^{t_2} \alpha(\theta_r + \theta_m) dt.$$

Вычисляя сумму интегралов в виде суммы импульсов, поступающих в счетчик 45 в каждом цикле работы блоков устройства, можно определить полный рабочий ресурс изоляции обмоток трансформатора. В устройстве этот момент фиксируется путем заполнения импульсами счетчика 45. При этом на выходе восьмого элемента И 46 появляется сигнал логической единицы, который включает второй индикатор 47. Кроме того, с выхода элемента И 46 сигнал через элемент ИЛИ 34 поступает в цепи сигнализации, предупреждая оперативный персонал, обслуживающий трансформатор, об исчерпании рабочего ресурса обмоток последнего.

Для корректной работы устройства частота следования импульсов третьего генератора импульсов 28 должна быть намного больше частоты следования импульсов второго генератора импульсов 10. Частота следования импульсов первого генератора 41 должна быть больше частоты следования импульсов генератора 10, но меньше частоты следования импульсов генератора 28.

Число разрядов второго счетчика импульсов 11 выбирается в зависимости от общего интервала изменения температуры и от количества диапазонов измерения температуры. При этом второй счетчик 11 может быть реализован таким образом, чтобы частоты соседних разрядов отличались от соотношения 1:2.

Ширина температурных диапазонов (2°C или больше) задается порогами срабатывания первого компаратора 6.



Упорядник

Техред М Келемеш

Коректор М Куль

Замовлення 4528

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

