



4. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества "Российские железные дороги" до 2025 года // Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 марта 2019 г. № 466-р.

5. Гатен Ю. В. «Цифровое поколение»: Миф или реальность? // Перспективные информационные технологии. 2020. С. 417-419.

А.Е. Тарасова

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНВАРИАНТНОСТИ ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЙ РЕЛЬСОВЫХ ЛИНИЙ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

В классификаторах состояний рельсовых линий (КСРЛ) звеном, наиболее подверженным влиянию возмущений, часто является чувствительный элемент первичного преобразователя информации – датчик.

Чувствительным элементом в КСРЛ являются рельсовые линии с распределительными параметрами, подверженные непрерывным аддитивным и параметрическим воздействиям.

Если изменения параметров компонент датчика классификатора с сосредоточенными параметрами можно измерить и вычислить составляющие возмущающих воздействий и обеспечить инвариантность классическими методами с логометрическими и разностными звеньями [1], то параметрические изменения первичных параметров рельсовых линий и воздействие помех, не представляется возможным. Поэтому при использовании в качестве чувствительного элемента датчика состояний РЛ рельсовых линий с распределенными параметрами необходимо в структурную схему вводить дополнительные звенья, позволяющие косвенно измерить величину возмущающих воздействий и использовать эту информацию при создании квазиинвариантной системы определения состояний РЛ с чувствительным датчиком – рельсовыми линиями.

Невозможность достижения абсолютной инвариантности в КСРЛ продиктовано тем, что в определенном диапазоне характер изменения первичных параметров и информационное воздействие в виде вступления поезд и обрыв рельсовой линии идентичны, поэтому если обеспечить абсолютную инвариантность, то теряется информация о полезном воздействии.

Если рассматривать рельсовую линию с токопроводящими стыками в виде разомкнутой цепи с рельсовыми линиями с распределенными параметрами подвержены возмущениям  $f$  и токопроводящих стыков с сосредоточенными параметрами, которые подвержены возмущениям  $\xi$ , представленные структурной схемой на рис. 1, то погрешность  $\delta$  изменения входной величины  $x$  от влияний возмущений  $x = F(f, \xi)$ , есть:

$$\delta = \frac{S_1 df}{S_1 dx} + \frac{S_2 d\xi}{S_1 S_2 dx} + \dots + \frac{S_n df d\xi}{S_1 S_2 \dots S_n dx}. \quad (1)$$



В формуле (1):

$S_1$  – чувствительность датчика к изменению параметров рельсовых линий;

$S_2$  – чувствительность датчика к изменению параметров токопроводящих стыков;

$S_i, S_{if}, S_{i\xi}$  – чувствительность  $i$ -го звена цепи к возмущениям  $f$  и  $\xi$ ;

$i = 1, 2, \dots, n$ .

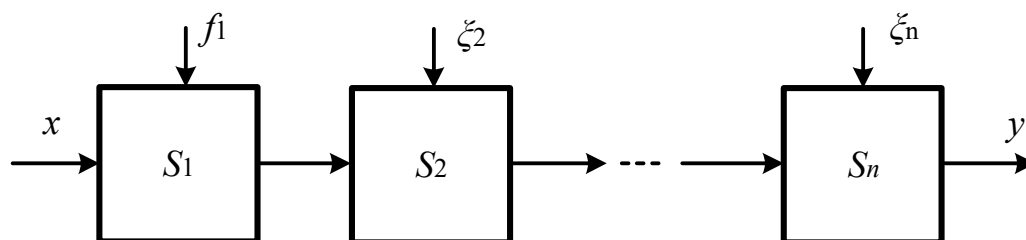


Рис. 1. Структурная схема датчика КСРЛ

Таким образом, учитывая, что чувствительный элемент КСРЛ, как правило, подвержен наибольшему уровню возмущающих воздействий, его вклад в погрешность классификации состояний рельсовых линий [2] или определения координат нахождения поезда [3], является максимальным и поэтому при рассмотрении вопроса обеспечения квазиинвариантности выходной величины и изменениям параметров рельсовых линий и возмущений, воздействующих на рельсовые линии, в работе рассматривается влияние возмущений на рельсовые линии.

Одним из направлений реализации квазиинвариантности к основному возмущающему воздействию – сопротивлению изоляции [4], является использование информации о входном сопротивлении в алгоритме компенсации возмущений. Эту информацию можно получить, анализируя входные сопротивления рельсового четырехполюсника  $Z_{ex}$ , измеренного со стороны выхода рельсовой линии [5].

Один из вариантов технической реализации предложенного принципа представлен на рис 2.

Рассмотрим принцип функционирования предложенного способа компенсации возмущений при классификации трех классов состояний рельсовых линий. В первом классе- классе свободного от подвижного состава рельсовой линии уровень напряжения на выходе измерительного органа (звена компенсации)  $u_y$ , зависит от величины входного сопротивления рельсовых линий  $Z_{ex}$ ,  $u_y = f(Z_{ex})$  обратно пропорционально, и оно тем меньше, чем больше входного сопротивление и наоборот, при уменьшении сопротивления изоляции из-за её шунтирующего характера напряжение увеличивается. Коэффициент передачи регулирующего звена  $W_p$  в частном случае, усилителя с переменным коэффициентом усиления, регулируется напряжением на его управляющем входе, т.е. от выходного напряжения измерительного органа  $u_y$ , и коэффициент передачи звена тем выше, чем ниже сопротивление изоляции. В свою очередь, напряже-



ние опроса рельсовых линий  $U_2$ , поступающее на основной вход  $W_p$ , зависит от сопротивления изоляции, и  $U_2$  изменяется прямо пропорционально величине сопротивления изоляции, и оно уменьшается, из-за уменьшения сопротивления изоляции вследствие уменьшения  $W_o$  рельсовой линии.

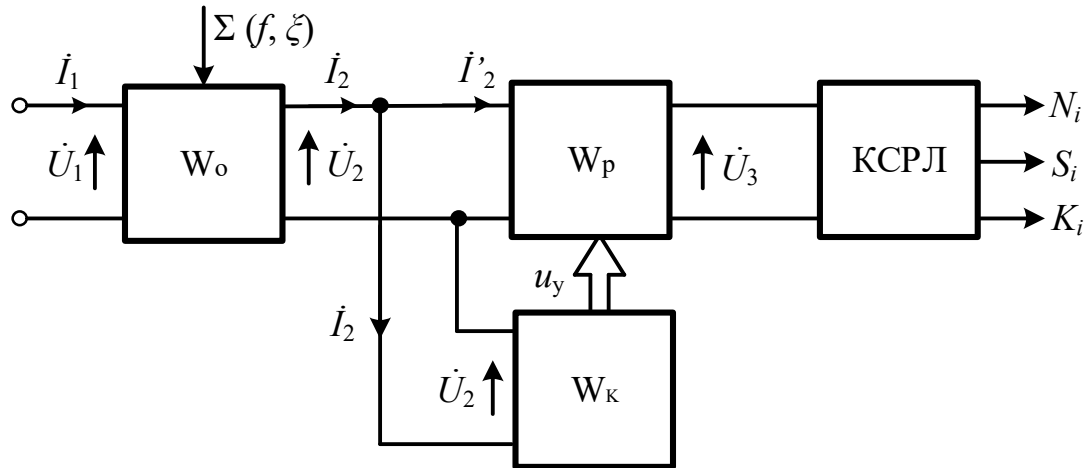


Рис.2 Блок-схема КСРЛ со звеном компенсации  
возмущающих воздействий  $f, \xi$ :

$W_o$  – коэффициент передачи рельсового четырехполюсника;  
 $W_p$  – коэффициент передачи регулирующего звена;  $W_k$  – звено компенсации с регулирующим сигналом  $u_y$ ; КСРЛ – классификатор состояний рельсовых линий на классы:  $N_i$  – нормального режима;  $S_i$  – шунтового режима;  
 $K_i$  – контрольного режима.

Таким образом, в нормальном режиме, при уменьшении сопротивления изоляции  $R_{из}$  коэффициент передачи  $W_p$  возрастает, а коэффициент передачи  $W_o$  уменьшается, так, что напряжение  $U_3$  на входе КСРЛ в зависимости от изменения сопротивления изоляции остается в достаточной степени постоянным, тем самым обеспечивается квазиинвариантность. Во втором классе состояний рельсовой линии, при вступлении подвижной единицы на рельсовую линию (шунтовой режим) входное сопротивление стремится к минимальному значению,  $Z_{ex} \rightarrow \min$ , а напряжение  $u_y$  на управляющем входе звена  $W_p$  максимален, но величина напряжения сигнала опроса рельсовых линий  $U_2$  на основном входе  $W_p$  достигает минимального значения из-за шунтирующего действия подвижной единицы и благодаря ограничения верхнего предела коэффициента передачи  $W_p$  классификатор достоверно идентифицирует класс шунтового режима.

По мере передвижения подвижной единицы к началу рельсовой линии, напряжение  $U_2$  на основном входе  $W_p$  увеличивается. Одновременно и входное сопротивление рельсовой линии с другого конца увеличивается, что приводит к существенному уменьшению напряжения  $u_y$  на управляющем входе компенсирующего звена  $W_p$ , следовательно, и общий коэффициент передачи тракта



уменьшается, чем обеспечивается надежная классификация шунтового режима  $S_i$ .

Третий класс состояния, контрольный режим, классифицируется правильно вследствие того, что коэффициент передачи  $W_o$  уменьшается из-за обрыва рельсовой линии, следовательно, уменьшается напряжение  $U_2$  на основном входе  $W_o$ , а на управляющем входе компенсирующего звена, наоборот увеличивается, из-за увеличения входного сопротивления рельсовой линии  $Z_{вх}$ , приводящему к уменьшению коэффициента передачи звена  $W_o$ .

Таким образом, благодаря введению в тракт опроса чувствительного элемента датчика состояний рельсовых линий звена компенсации, управляемого значением входного сопротивления рельсовой линии, зависящего в свою очередь, от величины сопротивления изоляции рельсовых линий – возмущающего воздействия, возможно обеспечить квазиинвариантность классификатора состояний рельсовых линий к возмущающим воздействиям.

### Литература

1. Гончаров, К.В. Методы защиты тональных рельсовых цепей от влияния импульсных помех [Текст] / К.В. Гончаров // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – Днепропетровск, 2012. – № 41. – С. 191-196.

2. Тарасов, Е.М. Разработка информационно-управляющей системы переездной сигнализации с многопараметрическим датчиком координаты поезда [Текст] / Е.М. Тарасов, В.Л. Герус, А.Е. Тарасова // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): труды Международной научно-технической конференции. – Самара, 2017. – С. 742-745.

3. Брылеев, А.М. Теория, устройство и работа рельсовых цепей [Текст] / А.М. Брылеев, Ю.А. Кравцов, А.В. Шишляков. – М.: Транспорт, 1978. – 344 с.

4. Волик, В.Г. Микропроцессорный классификатор состояний рельсовых линий [Текст] / В.Г. Волик, Н.И. Харламова, В.М. Шумаков, А.Е. Тарасова // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 6. – С. 98-103.

5. Тарасов, Е.М. Исследование возможностей определения координаты поезда информацией отдельных признаков [Текст] // Е.М. Тарасов, И.К. Андрончев, В.Б. Тепляков, А.Е. Тарасова А.Е. // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2019) : труды Международной научно-технической конференции. – Самара, 2019. С. 505-508.