

**Перечень ссылок**

1. Орловский И. А., Бут Ю. С. Минимизация потерь энергии генетическими алгоритмами во взаимосвязанном асинхронном приводе перемещения крана // Вісник Кременчуцького державного політехнічного ун-та ім. М. Остроградського. – Ч.1. – Кременчук, 2007. – Вип. 3 (44). – С. 95–99.
2. Невзоров Л. А. Устройство и эксплуатация грузоподъемных кранов: Учебник / Л. А. Невзоров, Ю. И. Гудков, М. Д. Полосин. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2002. – 448 с.
3. Лобов Н. А. Динамика грузоподъемных кранов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
4. Лобов Н.А. Разработка основ динамики передвижения кранов по рельсовому пути и методов повышения ресурса работы крановой системы [Электронный ресурс]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.04.- М.: РГБ, 2007. – 294 с. (Из фондов Российской Государственной Библиотеки).
5. Поликарпов Ю.В. Кинематика движения многоколесных ходовых тележек грузоподъемных кранов // Подъемно-транспортная техника. – 2005. – №1. – С. 88–95.
6. Спицына Д. Н. Исследование боковых сил, действующих на многоколесные мостовые краны // Вестник машиностроения. – 2003. – №3. – С. 3–9.
7. Бондаренко Л. Н., С. В. Ракша Параметры привода передвижения мостового крана в период пуска с учетом трения качения колеса по рельсу // Дніпропетровський національний ун-т залізничного транспорту ім. В.Лазаренка: Вісник наук.праць. Вип 10. – Дніпропетровськ, 2006. – С. 29–31.
8. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В. А. Елисеева и А. В. Шинянского. – М.:Энергоатомиздат.1983. – 616 с.
9. Дьяконов В. П. MatLab 6.0/6.1/6.5+SP1+Simulink 4/5. Обработка сигналов и изображений. М.:СО-ЛОН – Пресс, 2005. – 592 с.

*Поступила в редакцию 13.11.07 г.*

*Розроблено математичну та імітаційну моделі руху в горизонтальній площині чотирьохдвигунного електропривода переміщення мостового крана, що враховують: пружності приводних валів, головної і кінцевої балок, кути настановного перекоосу коліс, взаємодію чотирьох циліндричних двухребордних коліс з рейками. Виконано дослідження руху даного крана за допомогою розробленої імітаційної моделі.*

*Mathematical and imitating models of movement in a horizontal plane of the four-impellent electric drive of the bridge crane moving are developed;the models take into account: elasticity of drive shafts, main and trailer beams, corners of an adjusting skew of wheels, interaction of four cylindrical double-flanged wheels with rails. Researches of the given crane movement with the help of the developed imitating model are executed.*

УДК 621.316

**В. П. Соколов**

**Устройство для контроля высоких значений постоянного напряжения**

*Рассмотрено устройство для контроля высоких значений постоянного напряжения и предложены расчет параметров данного устройства.*

В процессе эксплуатации энергетического оборудования тяговых подстанций и подвижных транспортных средств (электрического железнодорожного транспорта, городского электрического транспорта и др.) проблемы контроля больших значений постоянных напряжений определяют разработку и производство устройств контроля эффективных по технико-экономическим показателям, безопасных по условиям электробезопасности для обслуживающего персонала.

Известные устройства для контроля больших значений постоянного напряжения представляют собой [1, 2]:

- измерительный прибор с последовательно включенным высокоомным резистором;
- омические делители напряжения;

- измерительные трансформаторы постоянного напряжения;

- устройства с датчиками Холла;
- шаровые разрядники и др.

Все указанные устройства имеют ограничения по применению из-за:

- влияния дестабилизирующих факторов окружающей среды (температура, влага, запыленность);
- повышенных вибрационных воздействий, снижающих механическую прочность устройства и изменяющих электротехнические параметры;
- влияния индуктивности токопроводящих проводников;
- сложность контроля и калибровки сопротивлений резисторов.

Целью статьи является разработка и расчет параметров устройства служащего для контроля высоких значений постоянного напряжения.

Для контроля больших значений постоянного напряжения достаточно эффективно (по технико-экономическим показателям) применение емкостного делителя с запоминанием напряжения (рис. 1), предложенного авторами в [3]. Данное устройство контроля состоит из цепи последовательно соединенных конденсатора  $C_1$  высоковольтного плеча делителя напряжения, разделительного диода  $V$  и конденсатора  $C_2$  низковольтного плеча делителя напряжения. При этом  $C_2 > C_1$ .

Параллельно конденсатору  $C_2$  низковольтного плеча делителя напряжения через контакты замыкателя  $S_2$  может подключаться измерительный прибор  $PU$ -вольтметр, обладающий входным сопротивлением  $R_{в}$  и входной емкостью  $C_{в}$ , которые для измерительных приборов  $PU$ -вольтметров составляют  $R_{в} \geq (1...10)$  МОм и  $C_{в} \leq (30...100)$  пФ. Наиболее эффективно применение цифровых измерительных вольтметров, работающих в режиме ждущего внешнего запуска.

К точке соединения конденсатора  $C_1$  высоковольтного плеча и анода разделительного диода  $V$  через контакт замыкателя  $S_1$  может подключаться заземленный проводник. Для разряда конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  параллельно им могут подключаться резистор  $R_1$  через контакт замыкателя  $S_3$  и резистор  $R_2$  через контакт замыкателя  $S_4$ .

Подключение устройства контроля к источнику больших значений напряжений  $U$  осуществляется с помощью замыкателя  $S_5$ .

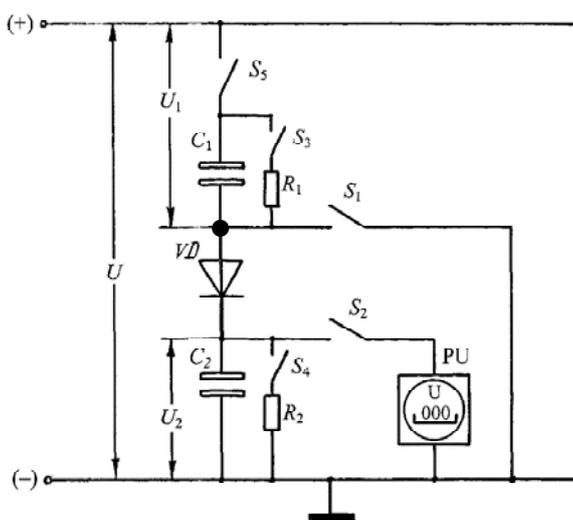


Рис. 1.

Устройство работает следующим образом. В исходном состоянии измерительного устройства контакты замыкателей  $S_1, S_2, S_3, S_4$  и  $S_5$  разомкнуты и конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  полностью разряжены. При подключении устройства контроля через контакты замыкателя  $S_5$  к шине измеряемого постоянного напряжения  $U$  конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  заряжаются до напряжения  $U_1$  и  $U_2$ , значения которых обратно пропорциональны емкостям  $C_1$  и  $C_2$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1} \tag{1}$$

Так как измеряемое напряжение  $U = U_1 + U_2$ , то при  $U_1 = U - U_2$  справедливо соотношение

$$K_{Д} = \frac{U}{U_2} = 1 + \frac{C_2}{C_1}, \tag{2}$$

которое определяет коэффициент деления емкостного делителя с запоминанием напряжения.

После подключения емкостного делителя к шине измеряемого постоянного напряжения  $U$  через определенный промежуток времени  $t$ , в течение которого осуществляется полный заряд емкостей  $C_1$  и  $C_2$ , замыкаются контакты замыкателей в последовательной очередности  $S_1$  и  $S_2$ . Контакт замыкателя  $S_1$ , подключая заземленный проводник к точке соединения конденсатора  $C_1$  и анода разделительного диода  $V$ , образует заземленный контур, исключаящий изменение напряжения  $U_2$  на конденсаторе  $C_2$ .

По результатам измерения напряжения  $U_2$  на конденсаторе  $C_2$  низковольтного плеча емкостного делителя напряжения определяют величину измеряемого постоянного напряжения

$$U = U_2 K_{Д} = U_2 \left( 1 + \frac{C_2}{C_1} \right) \tag{3}$$

По окончании измерения напряжения отключаются контакты замыкателей  $S_5, S_1$  и  $S_2$ .

Для подготовки устройства контроля с емкостным делителем напряжения к последующим измерениям необходимо полностью разрядить конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  замыканием контактов замыкателей  $S_3$  и  $S_4$ , создающих контуры разряда  $R_1 - C_1$  и  $R_2 - C_2$ .

Продолжительность времени  $t_p$  включенного состояния контактов замыкателей  $S_3$  и  $S_4$  превышает наибольшее значение одного из времени  $t_{p1}$  и  $t_{p2}$  полного разряда емкостей  $C_1$  и  $C_2$ , которые можно определить как  $t_{p1} \geq 10R_1 \cdot C_1$  и  $t_{p2} \geq 10R_2 \cdot C_2$ .

Входное сопротивление  $R_{и}$  измерительного прибора  $PU$  выбирается достаточно большим по значению, которое должно обеспечить малую величину погрешности  $\delta U_{p2}$  разряда напряжения  $U_2$  на конденсаторе  $C_2$  за полное время  $t_{и}$  измерения напряжения  $U_2$  измерительным прибором  $PU$ .

При заданной допустимой погрешности  $\delta U_{p2} \%$  разряда напряжения  $U_2$  на конденсаторе  $C_2$  с учетом известных параметров  $R_{и}$  и  $t_{и}$  минимально допустимое значение емкости  $C_{2min}$  конденсатора  $C_2$  низковольтного плеча емкостного делителя напряжения должно быть

$$C_{2min} \geq \frac{t_{и}}{R_3} \cdot \frac{1}{\ln \frac{100}{100 - \delta U_{p2} \%}} \quad (4)$$

где  $R_3 = \frac{R_{Y\text{обр}} \cdot R_{и}}{R_{Y\text{обр}} + R_{и}}$  – эквивалентное сопротивление

цепи разряда конденсатора  $C_2$ ;  $R_{и}$  – входное сопротивление измерительного прибора  $PU$ ;  $R_{Y\text{обр}}$  – обратное сопротивление разделительного диода  $V$ .

На основе уравнения (2) при заданном значении коэффициента  $K_{д}$  деления емкостного делителя напряжения определяется величина емкости конденсатора  $C_1$  высоковольтного плеча делителя напряжения

$$C_1 = \frac{C_2}{K_{д} - 1} \quad (5)$$

Составные параметры  $U_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  уравнения (3) имеют относительные погрешности  $\delta U_2$ ,  $\delta C_1$ ,  $\delta C_2$ , которые являются величинами случайными, независимыми, имеющими определенный закон распределения.

С использованием методов теории вероятностей и математической статистики [4] из уравнения (3) определяется случайная относительная погрешность  $\delta U$  измерения постоянного напряжения:

$$\delta U = \sqrt{(B_{U_2} \delta U_2 K_{U_2})^2 + (B_{C_1} \delta C_1 K_{C_1})^2 + (B_{C_2} \delta C_2 K_{C_2})^2} \quad (6)$$

где  $B_{U_2} = 1$ ,  $B_{C_2} = -B_{C_1} = 1 - \frac{1}{K_{д}}$  – коэффициенты влияния

относительных погрешностей  $\delta U_2$ ,  $\delta C_1$ ,  $\delta C_2$ ;  $K_{U_2}$ ,  $K_{C_1}$ ,  $K_{C_2}$  – коэффициенты относительного рассеивания заданного закона распределения случайных величин.

Предложенное устройство безопасно по условиям электробезопасности для обслуживающего персонала, так как процесс управления устройством и контроль напряжения осуществляется на низкой стороне емкостного делителя напряжения при низком уровне напряжения. Данное устройство применимо для контроля напряжения в цепях постоянного тока, характеризующихся отсутствием в них индуктивностей (поскольку при наличии указанных индуктивностей из-за происходящего колебательного процесса заряда конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  возникает недопустимая ошибка при измерении постоянных значений напряжений [5]).

### Перечень ссылок

1. Соколов В. П., Сафронов А. В., Лопатин В. А. Инженерное проектирование специальных датчиков тока и напряжения для электрического транспорта. – М.: МЭИ, 1997.
2. Пермяков В. Л. Исследование и модернизация высоковольтной изоляции, изготавливаемой методом ВВП // Труды 5-й международной конференции «Электромеханика, электротехнологии и электро материаловедение». – Ч. 1. – М. – 2003. – С. 672–673.
3. А. с. 978057 СССР, МКИ<sup>3</sup> G 01 R 19/00. Устройство для измерения напряжения / Л. М. Ваврженкевич, В. П. Соколов. БИ № 44, 1982.
4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1974. – 232 с.
5. Волков А. В., Метельский В. П., Лохматов А. Г. Управление нерекуперативным асинхронным электроприводом с АИН-ШИМ при провале сетевого напряжения // Електротехніка та електроенергетика. – 2006. – № 1. – С. 68–75.

Поступила в редакцию 05.09.05 г.

После доработки 20.12.07 г.

*Розглянуто пристрій для контролю високих значень постійної напруги й запропонований розрахунок параметрів даного пристрою.*

*The device for the supervisory control of high values of a dc voltage is considered and calculation of the given device parameters is offered.*