



## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2021/0630.1

(22) 19.10.2021

(45) 02.12.2022, бюл. №48

(72) Барукин Александр Сергеевич; Амренова Дана Темирболатовна; Калтаев Абдулла Габдылманапулы; Клецель Марк Яковлевич

(73) Некоммерческое акционерное общество «Торайгыров университет»

(56) Балаков Ю.Н., Мисриханов М.Ш., Шунтов А.В. Проектирование схем электроустановок: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006;

RU 199452 U1, 02.09.2020;

SU 1739435 A1, 07.06.1992.

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ОДНОГО (ПЕРВОГО) ЭЛЕМЕНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ К ДРУГОМУ (ВТОРОМУ) И ДЛЯ ОТКЛЮЧЕНИЯ ОТ НЕГО**

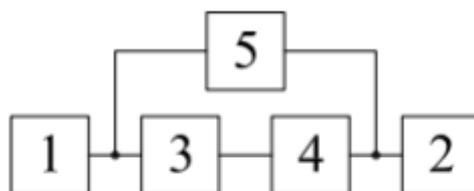
(57) Изобретение относится к электроэнергетике и может быть использовано для подключения одного элемента электрической системы к другому, и для отключения от неё.

Технический результат изобретения – снижение частоты отказов устройства как при подключении

одного элемента электрической системы к другому, так и при отключении от него, что уменьшит ущерб из-за недоотпуска электроэнергии, вызванный ненадежностью выключателя.

Устройство для подключения одного (первого) элемента электрической системы к другому (второму) и для отключения от него содержит первый, второй и третий выключатели (последний – в горячем резерве). Первый и второй вводы первого выключателя соединены с первым элементом электрической системы и первым вводом второго выключателя, соответственно. Второй ввод второго выключателя соединен со вторым элементом электрической системы. Первый ввод третьего выключателя соединен с первым вводом первого выключателя, а второй ввод – со вторым вводом второго выключателя.

Экономический эффект заключается в снижении величины ущерба от ненадежности устройства за счет снижения частоты его отказов как при подключении одного элемента электрической системы к другому, так и при отключении от него.



Фиг. 1

Изобретение относится к электроэнергетике и может быть использовано для подключения одного элемента электрической системы к другому, и для отключения от неё.

Наиболее близким к предлагаемому является устройство для подключения одного (первого) элемента электрической системы к другому (второму) и для отключения от него [Балаков Ю.Н., Мисриханов М.Ш., Шунтов А.В. Проектирование схем электроустановок: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 288 с., ил.], содержащее выключатель, соединенный первым вводом с первым элементом, а вторым вводом – со вторым элементом электрической системы.

Недостатком этого устройства является высокая частота отказов, так как любой отказ выключателя во включении или в отключении не позволяет осуществить подключение одного элемента электрической системы к другому и отключение от него. При этом отказы выключателя ведут к экономическому ущербу из-за недоотпуска электроэнергии конечным потребителям.

Технический результат изобретения – снижение частоты отказов устройства как при подключении одного элемента электрической системы к другому, так и при отключении от него, что уменьшит ущерб из-за недоотпуска электроэнергии, вызванный ненадежностью выключателя.

Технический результат достигается тем, что в устройстве для подключения одного (первого) элемента электрической системы к другому (второму) и для отключения от него, содержащее первый выключатель, соединенный первым вводом с первым элементом, дополнительно введены второй и третий выключатели (последний – в горячий резерв), причем второй выключатель первым вводом соединен со вторым вводом первого выключателя, а вторым вводом – со вторым элементом электрической системы, третий выключатель первым вводом соединен с первым вводом первого выключателя, а вторым – со вторым вводом второго выключателя.

На фиг.1 показана схема предлагаемого устройства.

Устройство для подключения одного (первого) элемента 1 (фиг.1) электрической системы к другому (второму) 2 и для отключения от него содержит первый 3, второй 4 и третий 5 выключатели (последний – в горячем резерве). Первый и второй вводы первого выключателя 3 соединены с первым элементом 1 электрической системы и первым вводом второго выключателя 4, соответственно. Второй ввод второго выключателя 4 соединен со вторым элементом 2 электрической системы. Первый ввод третьего выключателя 5 соединен с первым вводом первого выключателя 3, а второй ввод – со вторым вводом второго выключателя 4.

Устройство работает следующим образом. При возникновении необходимости подключения первого элемента 1 электрической системы ко второму элементу 2 поворачивают ключ управления

(на фиг.1 не показан) первого выключателя 3, подают напряжение оперативного тока на катушку его включения и приводят в действие механизм включения, контролируя положение «Включено» этого выключателя. В случае успешного включения первого выключателя 3 поворачивают ключ управления второго выключателя 4, подают напряжение оперативного тока на катушку его включения и приводят в действие механизм включения, контролируя положение «Включено» этого выключателя. Если происходит отказ во включении первого выключателя 3, то поворачивают ключ управления третьего выключателя 5, находящегося в горячем резерве, подают напряжение оперативного тока на катушку его включения и приводят в действие механизм включения этого выключателя. Если происходит отказ во включении второго выключателя 4, то поворачивают ключ управления первого выключателя 3, подают напряжение оперативного тока на катушку его отключения и приводят в действие механизм отключения этого выключателя. Далее поворачивают ключ управления третьего выключателя 5, подают напряжение оперативного тока на катушку его включения и приводят в действие механизм включения этого выключателя.

Если первый элемент 1 электрической системы был подключен ко второму элементу 2 с помощью первого 3 и второго 4 выключателей, то при возникновении необходимости отключения от него поворачивают ключи управления первого 3 и второго 4 выключателей, подают напряжение оперативного тока на катушки их отключения и приводят в действие механизмы отключения этих выключателей. Если первый элемент 1 электрической системы был подключен ко второму элементу 2 с помощью третьего выключателя 5, то при возникновении необходимости отключения от него поворачивают ключ управления третьего выключателя 5, подают напряжение оперативного тока на катушку его отключения и приводят в действие механизм отключения этого выключателя.

Для определения суммарных вероятностей отказов устройства при подключении одного элемента электрической системы к другому и при отключении от него используем известную методику [Шалин А.И. Надежность и диагностика релейной защиты энергосистем: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2003. – 384 с.], основанную на применении теорем сложения и умножения вероятностей (логико-вероятностный метод). Вероятность отказа  $i$ -го элемента, входящего в состав устройства, определяется как  $q_i = 1 - p_i$ , где  $p_i$  – вероятность того, что  $i$ -ый элемент окажется работоспособным в произвольный момент времени, когда потребуется его использование по назначению. При стационарном (простейшем) пуассоновском потоке событий  $p_i = \exp(-\lambda_i t)$ , где  $\lambda_i$  – частота отказов  $i$ -го элемента;  $t$  – временной интервал между его профилактическими проверками (далее в расчетах принимается равным 1 году).

К отказу устройства-прототипа при подключении одного элемента электрической системы к другому приводят отказ катушки включения ( $\lambda_{\text{кат.вкл.}}$ ) выключателя или отказ его механизма включения ( $\lambda_{\text{мех.вкл.}}$ ) (для элегазовых выключателей

$$\lambda_{\text{кат.вкл.}} = 1 \cdot 10^{-3}; \quad \lambda_{\text{мех.вкл.}} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ [Абдурахманов А.М.,}$$

Мисриханов М.Ш., Федоров В.Е., Шунтов А.В. О надежности ячеек элегазовых выключателей 110-750 кВ подстанций // Вып. 61. Проблемы исследования и обеспечения надежности либерализованных систем энергетики. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2011.–С. 93-98.]). В этом случае суммарная вероятность отказа в подключении одного элемента электрической системы к другому

$$Q_{\Sigma \text{о.подкл.}}^{\text{прот.}} = Q_{\text{кат.вкл.}} + Q_{\text{мех.вкл.}} = 2,3 \cdot 10^{-3}.$$

К отказу устройства-прототипа при отключении одного элемента электрической системы от другого приводят отказ катушки отключения ( $\lambda_{\text{кат.откл.}} = \lambda_{\text{кат.вкл.}}$ ) выключателя или отказ его механизма отключения ( $\lambda_{\text{мех.откл.}} = \lambda_{\text{мех.вкл.}}$ ). Тогда суммарная вероятность отказа в отключении одного элемента электрической системы от другого

$$Q_{\Sigma \text{о.откл.}}^{\text{прот.}} = Q_{\text{кат.откл.}} + Q_{\text{мех.откл.}} = 2,3 \cdot 10^{-3}.$$

Для заявляемого устройства, учитывая, что все три выключателя имеют одинаковую частоту отказов, суммарная вероятность отказа в подключении одного элемента электрической системы к другому

$$Q_{\Sigma \text{о.подкл.}}^{\text{заявл.}} = 2 \cdot (Q_{\text{кат.вкл.}} + Q_{\text{мех.вкл.}})^2 = 10,6 \cdot 10^{-6},$$

а суммарная вероятность отказа в отключении от него

$$Q_{\Sigma \text{о.откл.}}^{\text{заявл.}} = (Q_{\text{кат.откл.}} + Q_{\text{мех.откл.}})^2 = 5,3 \cdot 10^{-6}.$$

Таким образом, вероятность (а, следовательно, и частота) отказа заявляемого устройства при подключении одного элемента электрической системы к другому в сравнении с прототипом ниже в 217 раз, а

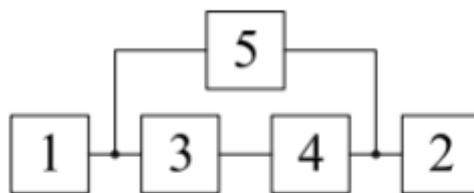
вероятность отказа при отключении от него ниже в 434 раза.

Математическое ожидание ущерба от ненадежности функционирования устройства может быть определено как  $U_{\Sigma} = u_0 \cdot \Delta P \cdot (Q_{\Sigma \text{о.подкл.}} + Q_{\Sigma \text{о.откл.}})$ , где  $u_0$  – удельный ущерб,  $\Delta P$  – мощность подключаемого или отключаемого элемента. Используя представленные выше вероятности отказов, получаем, что математическое ожидание ущерба для заявляемого устройства в сравнении с прототипом ниже в 289 раз.

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP09058249).

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство для подключения одного (первого) элемента электрической системы к другому (второму) и для отключения от него, содержащее первый выключатель, соединенный первым вводом с первым элементом, *отличающееся* тем, что введены второй и третий выключатели (последний – в горячий резерв), причем второй выключатель первым вводом соединен со вторым вводом первого выключателя, а вторым вводом – со вторым элементом электрической системы, третий выключатель первым вводом соединен с первым вводом первого выключателя, а вторым – со вторым вводом второго выключателя.



Фиг. 1