

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044233**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.08.03

(51) Int. Cl. **H02J 3/14** (2006.01)

(21) Номер заявки
202192773

(22) Дата подачи заявки
2021.10.19

(54) **СПОСОБ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА К ЭНЕРГОСИСТЕМЕ И ОТКЛЮЧЕНИЯ ОТ НЕЁ**

(43) **2023.04.28**

(56) EP-B1-3123274
US-B2-10928878
CN-A-113224830
WO-A1-2016036419

(96) **KZ2021/057 (KZ) 2021.10.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО "ТОРАЙГЫРОВ
УНИВЕРСИТЕТ" (KZ)**

(72) Изобретатель:
**Барукин Александр Сергеевич,
Клецель Марк Яковлевич (KZ)**

(57) Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для подключения какого-либо элемента к энергосистеме и для отключения от неё. Технический результат изобретения - снижение частоты отказов как при подключении элемента к энергосистеме, так и при отключении от неё. Это достигается тем, что до включения первого выключателя последовательно с ним устанавливают второй выключатель, а параллельно им - третий выключатель в горячем резерве. Использование второго выключателя, включенного последовательно с первым выключателем, позволяет снизить частоту отказов при отключении элемента от энергосистемы за счет того, что для успешного отключения достаточно, чтобы отключился хотя бы один из двух выключателей. Использование третьего выключателя, включенного параллельно первому и второму выключателям, и находящегося в горячем резерве, позволяет снизить частоту отказов при подключении элемента к энергосистеме за счет того, что в случае отказа во включении первого или второго выключателей сразу включают третий выключатель и осуществляют подключение элемента.

B1

044233

044233

B1

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для подключения какого-либо элемента к энергосистеме и для отключения от неё.

Наиболее близким к предлагаемому является способ подключения элемента к энергосистеме и отключения от неё [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.], при котором при возникновении необходимости подключения элемента к энергосистеме поворачивают ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку включения выключателя, приводят в действие механизм его включения и контролируют положение "Включено" этого выключателя, а при возникновении необходимости отключения элемента от энергосистемы поворачивают ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку отключения выключателя, приводят в действие механизм его отключения и контролируют положение "Отключено" этого выключателя.

Недостатком данного способа является высокая частота отказов, так как любой отказ выключателя во включении или в отключении не позволяет осуществить подключение элемента к энергосистеме и отключение от неё.

Технический результат изобретения - снижение частоты отказов как при подключении элемента к энергосистеме, так и при отключении от неё.

Технический результат достигается тем, что в способе подключения элемента к энергосистеме и отключения от неё, при котором при возникновении необходимости подключения элемента к энергосистеме поворачивают первый ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку включения первого выключателя, приводят в действие механизм его включения и контролируют положение "Включено" этого выключателя, дополнительно до включения первого выключателя последовательно с ним устанавливают второй выключатель, а параллельно этим выключателям - третий выключатель в горячий резерв; при возникновении необходимости подключения элемента к энергосистеме в случае успешного включения первого выключателя поворачивают второй ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку включения второго выключателя, приводят в действие механизм его включения и контролируют положение "Включено" этого выключателя; если происходит отказ во включении первого выключателя, то поворачивают третий ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку включения третьего выключателя и приводят в действие механизм его включения; если происходит отказ во включении второго выключателя, то поворачивают первый ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку отключения первого выключателя и приводят в действие механизм его отключения, далее поворачивают третий ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку включения третьего выключателя и приводят в действие механизм его включения; если элемент был подключен к энергосистеме с помощью первого и второго выключателей, то при возникновении необходимости его отключения поворачивают первый и второй ключи управления, подают напряжение оперативного тока на катушки отключения первого и второго выключателей и приводят в действие механизмы их отключения; если элемент был подключен к энергосистеме с помощью третьего выключателя, то при возникновении необходимости его отключения поворачивают третий ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку отключения третьего выключателя и приводят в действие механизм его отключения.

На фигуре показана структурная схема устройства, реализующего предложенный способ подключения элемента к энергосистеме и отключения от неё. Устройство содержит три выключателя (на фигуре не показаны) и первый 1 (КУ1), второй 2 (КУ2), третий 3 (КУ3) ключи управления (например, ключи серии МК), подключенные к первому 4 (ИОТ1), второму 5 (ИОТ2), третьему 6 (ИОТ3) источникам оперативного тока, соответственно. Катушки включения 7 (КВ1), 8 (КВ2) и 9 (КВ3) первого, второго и третьего выключателей подключены к первому 4 (ИОТ1), второму 5 (ИОТ2), третьему 6 (ИОТ3) источникам оперативного тока и к механизмам включения 10 (МВ1), 11 (МВ2), 12 (МВ3) этих выключателей. Катушки отключения 13 (КО1), 14 (КО2) и 15 (КО3) первого, второго и третьего выключателей подключены к первому 4 (ИОТ1), второму 5 (ИОТ2), третьему 6 (ИОТ3) источникам оперативного тока и к механизмам отключения 16 (МО1), 17 (МО2), 18 (МО3) этих выключателей.

Устройство, реализующее способ, работает следующим образом. При возникновении необходимости подключения элемента к энергосистеме поворачивают первый ключ управления 1 (КУ1), подают напряжение оперативного тока на катушку включения 7 (КВ1) первого выключателя, приводят в действие механизм его включения 10 (МВ1) и контролируют положение "Включено" этого выключателя. В случае успешного включения первого выключателя поворачивают второй ключ управления 2 (КУ2), подают напряжение оперативного тока на катушку включения 8 (КВ2) второго выключателя, приводят в действие механизм его включения 11 (МВ2) и контролируют положение "Включено" этого выключателя. Если происходит отказ во включении первого выключателя, то поворачивают третий ключ управления 3 (КУ3) подают напряжение оперативного тока на катушку включения 9 (КВ3) третьего выключателя, находящегося в горячем резерве, и приводят в действие механизм включения 12 (МВ3) этого выключателя. Если происходит отказ во включении второго выключателя, то поворачивают первый ключ управления 1 (КУ1), подают напряжение оперативного тока на катушку отключения 13 (КО1) первого выключателя и приводят в действие механизм отключения 16 (МО1) этого выключателя. Далее поворачивают третий

ключ управления 3 (КУЗ), подают напряжение оперативного тока на катушку включения 9 (КВЗ) третьего выключателя и приводят в действие механизм включения 12 (МВЗ) этого выключателя.

Если элемент был подключен к питающему элементу энергосистемы с помощью первого и второго выключателей, то при возникновении необходимости его отключения поворачивают первый 1 (КУ1) и второй 2 (КУ2) ключи управления, подают напряжение оперативного тока на катушки отключения 13 (КО1) и 14 (КО2) первого и второго выключателей, и приводят в действие механизмы отключения 16 (МО1) и 17 (МО2) этих выключателей. Если элемент был подключен к питающему элементу энергосистемы с помощью третьего выключателя, то при возникновении необходимости отключения элемента поворачивают третий ключ управления 3 (КУЗ), подают напряжение оперативного тока на катушку отключения 15 (КОЗ) третьего выключателя и приводят в действие механизм отключения 18 (МОЗ) этого выключателя.

Для определения суммарных вероятностей отказов устройства при подключении элемента к энергосистеме и при отключении от неё 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 -й элемент окажется работоспособным в произвольный момент времени, когда потребуются его использование по назначению. При стационарном (простейшем) пуассоновском потоке событий $p_i = \exp(-\lambda_i t)$, где λ_i - частота отказов i -го элемента; t - временной интервал между его профилактическими проверками (далее в расчетах принимается равным 1 году).

К отказу устройства, реализующего способ-прототип, при подключении элемента к энергосистеме приводят отказ катушки включения ($\lambda_{\text{кат.вкл.}}$) выключателя или отказ его механизма включения ($\lambda_{\text{мех.вкл.}}$) (для элегазовых выключателей $\lambda_{\text{кат.вкл.}} = 1 \cdot 10^{-3}$; $\lambda_{\text{мех.вкл.}} = 1,3 \cdot 10^{-3}$ [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 элемента к энергосистеме $q_{\Sigma, \text{подкл.}}^{\text{прот.}} = q_{\text{кат.вкл.}} + q_{\text{мех.вкл.}} = 2,3 \cdot 10^{-3}$.

К отказу устройства, реализующего способ-прототип, при отключении элемента от энергосистемы 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 элемента от энергосистемы $q_{\Sigma, \text{откл.}}^{\text{прот.}} = q_{\text{кат.откл.}} + q_{\text{мех.откл.}} = 2,3 \cdot 10^{-3}$.

Для устройства, реализующего заявляемый способ, учитывая, что все три выключателя имеют одинаковую частоту отказов, суммарная вероятность отказа в подключении элемента к энергосистеме $q_{\Sigma, \text{подкл.}}^{\text{заявл.}} = 2 \cdot (q_{\text{кат.вкл.}} + q_{\text{мех.вкл.}})^2 = 10,6 \cdot 10^{-6}$, а суммарная вероятность отказа в отключении элемента от энергосистемы $q_{\Sigma, \text{откл.}}^{\text{заявл.}} = (q_{\text{кат.откл.}} + q_{\text{мех.откл.}})^2 = 5,3 \cdot 10^{-6}$.

Таким образом, вероятность (а следовательно, и частота) отказа устройства, реализующего заявляемый способ, при подключении элемента к энергосистеме в сравнении с устройством, реализующим способ-прототип, ниже в 217 раз, а вероятность отказа при отключении элемента от энергосистемы ниже в 434 раза.

Математическое ожидание ущерба от ненадежности функционирования устройства может быть определено как

$$Y_{\Sigma} = y_0 \cdot \Delta P \cdot (q_{\Sigma, \text{подкл.}} + q_{\Sigma, \text{откл.}}),$$

где y_0 - удельный ущерб;

ΔP - мощность подключаемого или отключаемого элемента.

Используя представленные выше вероятности отказов, получаем, что математическое ожидание ущерба для устройства, реализующего заявляемый способ, в сравнении с устройством, реализующим способ-прототип, ниже в 289 раз.

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

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ подключения элемента к энергосистеме и отключения от неё, при котором при возникновении необходимости подключения элемента к энергосистеме поворачивают первый ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку включения первого выключателя, приводят в действие механизм его включения и контролируют положение "Включено" этого выключателя, отличающийся тем, что до включения первого выключателя последовательно с ним устанавливают второй выключатель, а параллельно этим выключателям третий выключатель в горячий резерв; при возникновении необходимости подключения элемента к энергосистеме в случае успешного включения первого выключателя поворачивают второй ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку включения второго выключателя, приводят в действие механизм его включения и контролируют положение "Включено" этого выключателя; если происходит отказ во включении первого выключателя, то поворачивают третий ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку включения третьего выключателя и приводят в действие механизм его включения; если происходит отказ во включении второго выключателя, то поворачивают первый ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку отключения первого выключателя и приводят в действие механизм его отключения, далее поворачивают третий ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку включения третьего выключателя и приводят в действие механизм его включения; если элемент был подключен к энергосистеме с помощью первого и второго выключателей, то при возникновении необходимости его отключения поворачивают первый и второй ключи управления, подают напряжение оперативного тока на катушки отключения первого и второго выключателей и приводят в действие механизмы их отключения; если элемент был подключен к энергосистеме с помощью третьего выключателя, то при возникновении необходимости его отключения поворачивают третий ключ управления, подают напряжение оперативного тока на катушку отключения третьего выключателя и приводят в действие механизм его отключения.

