

ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ

УДК 621.311:621.317.613:621.316.935:621.316.923.5

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЕМ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

*В. П. Розен, канд. техн. наук, В. П. Калинин, канд. техн. наук,
Д. Е. Момот, инж., В. А. Побигайло, асп. (НТУУ «КПИ»)*

Розроблено принципово новий пристрій для автоматичного управління обмеженням струмів короткого замикання.

С целью уменьшения воздействия токов короткого замыкания (КЗ) на электрооборудование используются различные средства и методы ограничения токов КЗ. Разрабатываются и исследуются принципиально новые средства токоограничения, позволяющие ограничивать не только величину тока КЗ, но и его продолжительность.

Авторами разработано устройство управления ограничением токов КЗ, в котором включение и отключение индуктивного сопротивления осуществляется автоматически при возникновении тока КЗ [1]. Принцип действия устройства основан на сравнении измеряемого тока с эталонным и формировании управляющего сигнала, который воздействует на индуктивное сопротивление.

На рис. 1 представлена структурная схема устройства ограничения тока КЗ. В разрез электрической сети 1 включено индуктивное сопротивление (токоограничивающий реактор) 2, зашунтированный коммутационным элементом 3. К электрической сети подключен блок измерения токов 4, связанный с анализатором 5, управляющий выход которого через устройство 6 подключен ко входу управления коммутационного элемента 3.

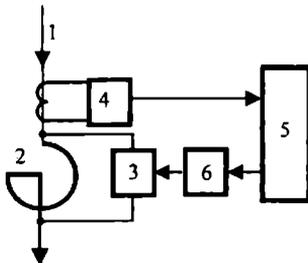


Рис. 1. Структурная схема устройства ограничения тока КЗ

Устройство для ограничения тока КЗ работает следующим образом. Информация с блока измерения токов 4 поступает на анализатор 5. В случае, когда $\Delta I_t \geq \delta I$, режим контрольной точки является аварийным и устройство 6 формирует сигнал управления, который отключает коммутационный элемент 3, и индуктивное сопротивление 2 ограничивает ток КЗ. После этого информация с блока измерения токов 4 вновь поступает на анализатор 5.

Во всех остальных случаях устройство 6 формирует сигнал управления, включающий коммутационный элемент 3, который закорачивает индуктивное сопротивление 2. После этого информация с блока измерения токов 4 вновь поступает на анализатор 5.

Периодически через отрезки времени Δt ($\Delta t = T/N$, где T – интервал контроля, N – число точек контроля) (рис. 2) измеряют величину фактического тока электрической сети $I_{тф}$. Определяют величину рассогласования ΔI_t между фактическим $I_{тф}$ и заданным (эталонным) $I_{тз}$ током на контролируемый интервал времени T .

$$\Delta I_t = \sqrt{\sum_{i=1}^n (I_{тф} - I_{тз})^2}, \quad (1)$$

где $I_{тз}$ – величина, учитывающая условия пуска электродвигательной нагрузки, определяется из выражения $I_{тз} = 1,8 I_{норм}$.

В случае, если $\Delta I_t \geq \delta I$ (где величина δI , например $\delta I = 0,1$, устанавливается шагом дискретизации), формируется управляющее воздействие, отключающее коммутирующий элемент.

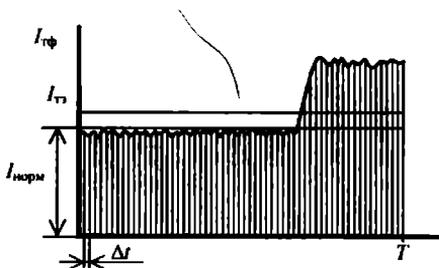


Рис. 2. График тока электрической сети

Алгоритм ограничения тока КЗ осуществляется следующим образом (рис. 3).

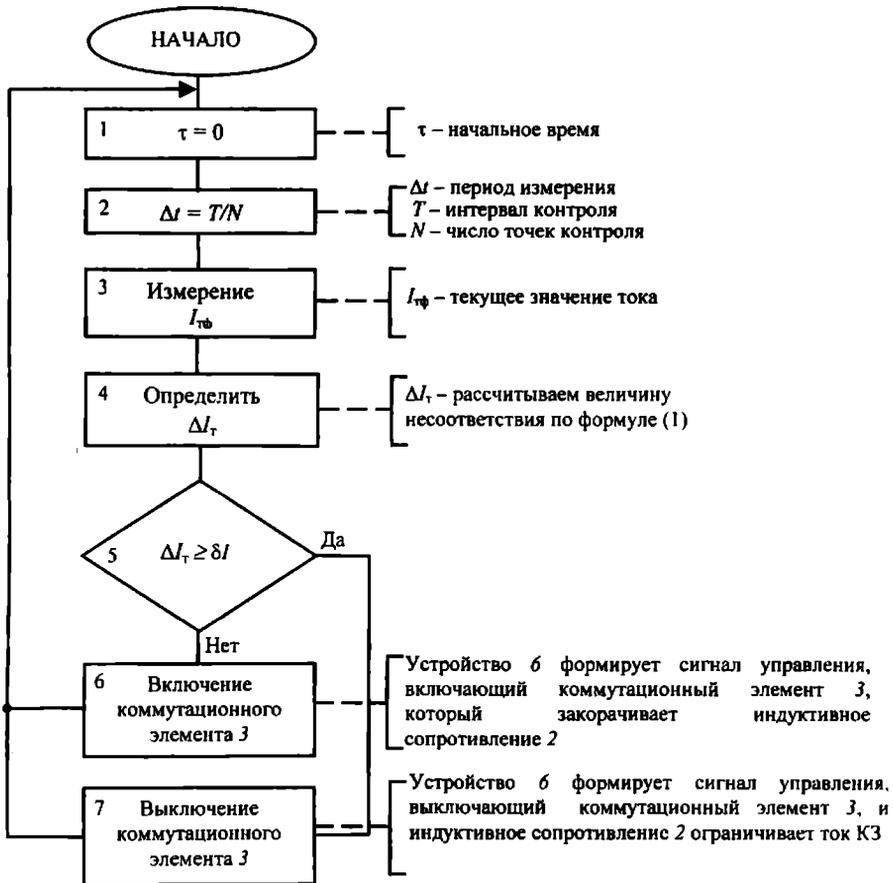


Рис. 3. Алгоритм работы анализатора

Экономический эффект от внедрения предлагаемого автоматического устройства управления ограничением токов КЗ определяется в соответствии с методикой [2].

После установки устройства в сети 6–35 кВ снижение суммарных потерь активной мощности в трехфазных группах реакторов составит

$$\Delta P_{\Sigma} = (1 - 1/K_2) \sum_{i=1}^n 3 \Delta P_{Hi} (I_{Mi}^2 / I_{Hi}^2) \text{ [кВт]}, \quad (2)$$

где

$$K_2 = R_p(1 + K_1)^2 / (X_p K_1);$$

$$K_1 = R_{устр} / X_p;$$

$$I_M = I_{устр} + I_p;$$

I_M – максимальный ток; P_H – номинальные потери в реакторе; X_p – реактивное сопротивление реактора; R_p – активное сопротивление реактора; $R_{устр}$ – сопротивление устройства управления ограничением токов КЗ; I_p – ток, протекающий через реактор; $I_{устр}$ – ток, протекающий через устройство управления ограничением токов КЗ.

Реактивные потери при $R_{устр} \leq X_p$ устраняются практически полностью и суммарный технический эффект составит

$$\Delta Q_{ЭС} = \sum_{i=1}^n 3I_{Mi}^2 X_{pi} \cdot 10^{-3} \text{ [квар]}. \quad (3)$$

Годовая экономия электроэнергии определяется по «времени потерь»:

$$\tau_a = (0,124 \cdot T_{ма} / 10^4)^2 \cdot 8760 \text{ [ч/год]}; \quad (4)$$

$$\tau_p = (0,124 \cdot T_{мп} / 10^4)^2 \cdot 8760 \text{ [ч/год]}. \quad (5)$$

где $T_{ма}$, $T_{мп}$ – максимальное число использования соответственно активной и реактивной нагрузок.

При этом годовая экономия энергии в результате установки устройства управления ограничением токов КЗ составит (соответственно в кВт·ч и квар·ч):

$$\Delta W_{ЭС} = \Delta P_{ЭС} \tau_a; \quad (6)$$

$$\Delta V_{ЭС} = \Delta Q_{ЭС} \tau_p.$$

В соответствии с одноставочными тарифами, действующими в Украине, потребитель оплачивает фактический расход электроэнергии по ставкам, установленным для 1 и 2 класса промышленных потребителей с присоединенной мощностью $S_n \geq 750$ кВА. Исходя из структуры тарифа, прямая экономия в стоимостном выражении для устройств управления ограничением токов КЗ, устанавливаемых в реактированных линиях, составит

$$\Xi = (\alpha \Delta W_{ЭС} + \gamma \Delta V_{ЭС}) 10^{-2} = (\alpha \Delta P_{ЭС} \tau_a + \gamma \Delta Q_{ЭС} \tau_p) 10^{-2}, \quad (7)$$

где α_{\min} , α_{\max} – по активной энергии; γ_{\min} , γ_{\max} – по реактивной энергии.

1. Рішення про видачу патенту по з. № 2002021620 від 12 вересня 2002 р. «Спосіб обмеження струмів КЗ і пристрій для його реалізації».

2. Монтрани Ларби, Тарадай В. И. Эффективность энергосбережения в электрических сетях 6–20 кВ с токоограничивающими реакторами / «Энергетика и электрификация». – № 7. – 2000. – С. 43–45.