

да для обеспечения выравнивания усилий резания. Межосевое расстояние должно быть больше на 1—2 мм наружного диаметра заготовки и соответствовать условию $1,5 \cdot n \cdot d_{\text{н}}$, где n —целое произвольное число.

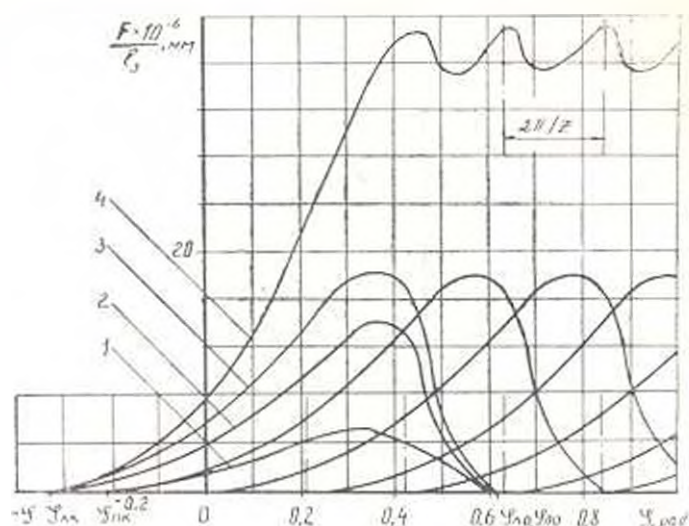


Рис. 3. Изменение площади поперечного сечения срезаемого слоя при тангенциальном зубошлифовании колеса: $m_n = 0,8$ мм, $z = 30$, $S = 80$ мм/мин, $V = 3$ м/с.

Полученные результаты могут быть использованы для адаптивного управления процессом зубонарезания, а также для исследования условий резания и контактных температур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асатурян Д. А. Перспективы тангенциальной зубообработки мелкозубых колес // Станки и инструмент — 1981. — № 1. — С. 26—27.
2. Идзуми М. С. Конформатика микрорезания при зубошлифовании абразивным червяком // Синтетические алмазы. — 1976. — Вып. 6. — С. 12—17.

Левин Ф. Е. ИИ им. К. Маркса

2 IX 1988

Изв. АН АрмССР (сер. ТН) / XLIII, № 2, 1990, с. 8—12

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.311.014

В. И. САЛКОВ

РАСЧЕТ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ДВУХ ОДНОВРЕМЕННЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ПОДСТАНЦИЯХ С КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛЯМИ

Предложена методика расчета токов и напряжений при двух одновременных несимметричных коротких замыканиях в электрической сети с трансформаторной связью

между точками повреждения, основанная на принципе наложения. Учеными реальными значениями напряжения и сети до возникновения повреждения, а также присоединенная к трансформатору нагрузка. Получены уточненные выражения для определения токов короткого замыкания.

На 3. Библиограф.: 4 назв.

Վերադրման սկզբունքի հիման վրա անուշարկվում է վնասված կետերի միջև տրանսֆորմատորային կապով էլեկտրական ցանցում երկու միաժամանակյա անհամաչափ կարճ միացումների զեպում հոսանքների և լարումների հաշվարկման մի հզանակ: Հաշվի են առնված ցանցի լարման իրական արժեքները միև վնասվածքի անուշարկումը, ինչպես և տրանսֆորմատորին միացված բեռնվածքը: Ստացվել են կարճ միացման հոսանքների որոշման ճշգրիտ արտահայտություններ:

Для оценки чувствительности релейной защиты линии, питающей упрощенные подстанции, требуется вычисление токов при различных видах короткого замыкания (к.з.) на стороне низшего напряжения трансформатора и одновременном к.з. на стороне высшего напряжения, вызванном срабатыванием короткозамыкателя. Предложенные выражения для расчета этих видов к.з. [1] не учитывают реальных значений напряжения до к.з. и наличия нагрузки, что может ввести существенную неточность в результате расчета. Ниже описывается методика уточненного расчета таких повреждений. Расчет выполняется применительно к трансформатору с группой соединения обмоток Y/Δ-11, подключенному к линии 35 кВ, при наличии двухполюсного короткозамыкателя со стороны звезды В основу расчета положены предложенные в [2, 3] способ и алгоритм при одновременном использовании граничных условий, учитывающих наличие трансформаторной связи между рассматриваемыми точками к.з.

Исходная схема замещения цепи и схема собственно-аварийного режима приведены на рис. 1. Здесь E_A, E_B, E_C — эквивалентные фазные э. д. с. источников питания; Z_c, Z_1, Z_2 — сопротивления сети трансформатора и нагрузки соответственно; U_{AM}, U_{BM}, U_{CM} и U_{AN}, U_{BN}, U_{CN} — фазные напряжения доаварийного режима в месте установки короткозамыкателя М и в точке н. з. за трансформатором N. В расчетах принимаем равными значения сопротивлений прямой и обратной последовательностей для системы и трансформатора, т. е. $Z_{11} = Z_{22} = Z_c$ и $Z_{11} = Z_{22} = Z_1$. Сопротивления Z_1 и Z_2 , а также напряжения U_{AN}, U_{BN}, U_{CN} приведены к стороне звезды трансформатора.

На рис. 2 и 3 даны схемы замещения прямой и обратной последовательностей для собственно-аварийного режима. Здесь:

$$\begin{aligned} Z_{2M} &= Z_c Z_1 / Z_{21}, & Z_{1M} &= Z_1 Z_{2M} / Z_{21}, & Z_{11} &= Z_c Z_{2M} / Z_{21}, \\ Z_{2N} &= Z_c Z_2 / Z_{22}, & Z_{1N} &= Z_2 Z_{2N} / Z_{22}, & Z_{12} &= Z_c Z_{2N} / Z_{22}, \\ \text{т.е. } Z_{21} &= Z_1 + Z_c + Z_{2M}, & Z_{22} &= Z_2 + Z_c + Z_{2N}. \end{aligned} \quad (1)$$

Контурные уравнения напряжений для отдельных последовательностей согласно рис. 3 запишутся

$$\begin{aligned} \dot{U}_{1N} &= \dot{U}_{2N} - (Z_{1N} + Z_{2N}) \dot{I}_{1N} + Z_{1N} \dot{I}_{2N}, \\ 0 &= \dot{U}_{2N} + (Z_{2N} + Z_{1N}) \dot{I}_{2N} - Z_{2N} \dot{I}_{1N}, \\ \dot{U}_{AN} &= \dot{U}_{1N} + (Z_{1N} + Z_{2N}) \dot{I}_{1N} + Z_{1N} \dot{I}_{2N}, \\ 0 &= \dot{U}_{2N} + (Z_{2N} + Z_{1N}) \dot{I}_{2N} + Z_{2N} \dot{I}_{1N}. \end{aligned} \quad (2)$$

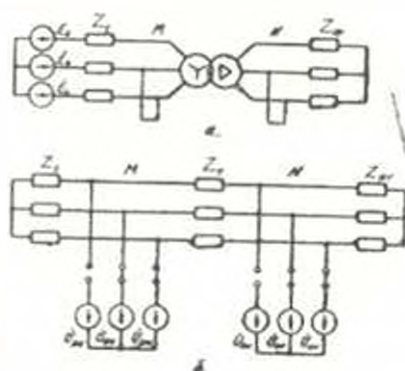


Рис. 1. Исходная схема (а) и схема замещения собственно-двигательного режима (б) при линейном несимметричном КЗ.

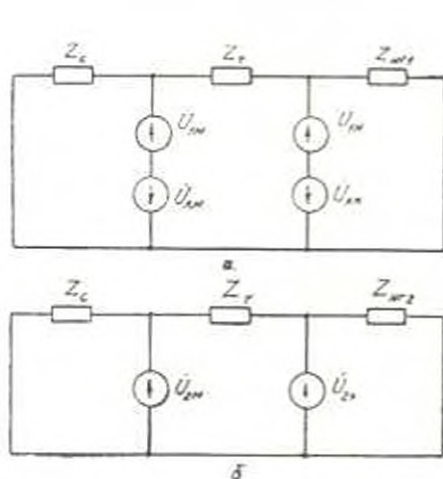


Рис. 2. Схемы замещения прямой (а) и обратной (б) последовательностей собственно-двигательного режима.

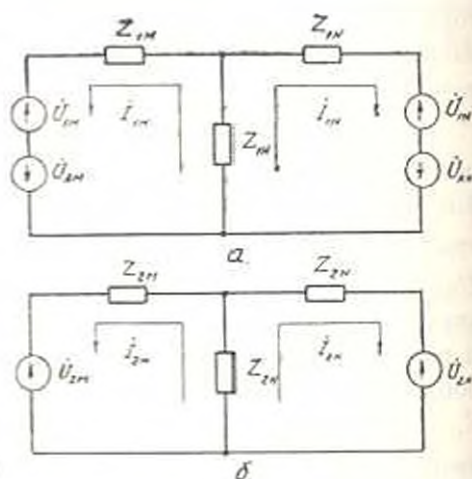


Рис. 3. Схемы замещения по рис. 2 после преобразования.

Рассмотрим возможные случаи двухфазных КЗ на вторичной стороне трансформатора при одновременном создании короткозамыкателем искусственного КЗ между фазами В и С на первичной стороне.

Случай 1. КЗ между фазами В и С на стороне треугольника. Из граничных условий соотношения между симметричными составляющими

ми токов и напряжений после приведения их со стороны треугольника к звезде будут:

$$\text{для точки } M - I_{2M} = -I_{1M}, \quad U_{2M} = U_M;$$

$$\text{для точки } N - I_{2N} = a^2 I_{1N}, \quad U_{2N} = -a^2 U_{1N},$$

где $a = \exp(j2\pi/3)$ — оператор.

С учетом этих соотношений из первых двух уравнений системы (2) получим

$$\dot{U}_{AM} = (Z_{1M} + Z_{1N} + Z_{2M} + Z_{2N}) \dot{I}_{1M} + (Z_{1N} - a^2 Z_{2N}) \dot{I}_{1N}. \quad (3)$$

Аналогично из третьего и четвертого уравнений системы (2) получаем

$$\dot{U}_{AN} = (Z_{1N} - a Z_{2N}) \dot{I}_{1M} + (Z_{1N} - Z_{1M} + Z_{2N} + Z_{2M}) \dot{I}_{1N}. \quad (4)$$

Совместное решение (3) и (4) дает значения токов прямой последовательности в точках M и N :

$$\begin{aligned} \dot{I}_{1M} &= \frac{\dot{U}_{AM}(Z_{1N} + Z_{1M} + Z_{2N} + Z_{2M}) - \dot{U}_{AN}(Z_{1M} - a^2 Z_{2M})}{X}, \\ \dot{I}_{1N} &= \frac{\dot{U}_{AN}(Z_{1M} + Z_{1N} + Z_{2M} + Z_{2N}) - \dot{U}_{AM}(Z_{1N} - a Z_{2N})}{X}, \end{aligned} \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} X &= (Z_{1M} + Z_{1N} + Z_{2M} + Z_{2N})(Z_{1N} + Z_{1M} + Z_{2N} + Z_{2M}) - \\ &\quad - (Z_{1M} - a Z_{2M})(Z_{1N} - a^2 Z_{2N}). \end{aligned}$$

Составляющие напряжений определяются из второго и четвертого уравнений системы (2)

$$U_{1M} = (Z_{2M} + Z_{2N}) \dot{I}_{1M} - a^2 Z_{2N} \dot{I}_{1N}, \quad (6)$$

$$U_{1N} = (Z_{2N} + Z_{2M}) \dot{I}_{1N} - a Z_{2M} \dot{I}_{1M}. \quad (7)$$

Случай 2. К.з. между фазами А и В на стороне треугольника. Из граничных условий для точки N имеем: $I_{2N} = a I_{1N}$, $U_{2N} = -a U_{1N}$. С учетом граничных условий из системы (2) получим

$$\dot{U}_{AM} = (Z_{1M} + Z_{1N} + Z_{2M} + Z_{2N}) \dot{I}_{1N} + (Z_{1M} - a Z_{2N}) \dot{I}_{1N}, \quad (8)$$

$$\dot{U}_{AN} = (Z_{1N} - a^2 Z_{2N}) \dot{I}_{1M} + (Z_{1N} + Z_{1M} + Z_{2N} + Z_{2M}) \dot{I}_{1N}.$$

Решение (8) дает выражения $\dot{I}_{1M}$ и $\dot{I}_{1N}$, которые отличаются от (5) лишь заменой в последней операторов a и a^2 соответственно на a^2 и a .

Случай 3. К.з. между фазами С и А на стороне треугольника.

Из граничных условий для точки X имеем: $I_{AX} = I_{BX}$, $U_{AX} = -U_{BX}$. Исходя из системы (2), с учетом новых граничных условий получаем выражения I_{1M} и I_{1N} , которые отличаются от (5) лишь заменой в ней операторов a и a^2 на единицу.

По рассчитанным величинам I_{1M} и I_{1N} известным с собою определяются фазные токи питающей линии в собственно-аварийном режиме. Суммируя последние с нагрузочным током доаварийного режима, получаем полные токи в линии в режиме двухфазного к.з.

Токи и напряжения при необходимости могут быть приведены к стороне треугольника путем трансформации симметричных составляющих или полных токов [4]. Расчет без учета нагрузки представляется как частный случай приведенного расчета, если положить $Z_{m1} = Z_{m2} = \infty$. При этом из (1) получим

$$Z_{1M} = Z_{1N} = 0, \quad Z_{1X} = Z_{1Y} = Z_{1Z}, \quad Z_{10} = Z_{20} = Z_{11}.$$

Если, например, подставить эти данные в (5) и допустить $U_{AM} = U_{AN} = E_A$, то получим выражения, приведенные в [1] для случая расчета без учета нагрузки с использованием значений э.д.с. источника.

Описанная методика расчета позволяет получить уточненные значения токов к.з. в питающей линии при срабатывании короткозамыкателей упрощенных подстанций энергосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авербух А. М. Примеры расчетов неэквивалентных режимов и коротких замыканий. — Э. Энергия, 1979. — 181 с.
2. Саикон В. И., Шахбазян С. А. К применению метода наложения в расчетах несимметричных коротких замыканий // Межуз. сб. научн. тр. Энергетика. — Ереван: Изд-во ЕрПИ, 1979. — Сер. XIV, вып. 3. — С. 34—40.
3. Саикон В. И., Шахбазян С. А. Алгоритм расчета несимметричных к.з. в системах электроснабжения // Межуз. сб. научн. тр. по энергетике. — Ереван: Изд-во ЕрПИ, 1985. — С. 62—66.
4. Саикон В. И. Трансформация токов и напряжений в системах электроснабжения // Межуз. сб. научн. тр. Энергетика. — Ереван: Изд-во ЕрПИ, 1977. — Сер. XVII, вып. 2. — С. 82—85.