

УДК 316.925

**НЕДОСТАТКИ БЛОКИРОВКИ ЗАЩИТЫ МИНИМАЛЬНОГО
НАПРЯЖЕНИЯ НА НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ**

**DISADVANTAGES OF LOCK UNDERVOLTAGE PROTECTION
AT OIL PUMPING STATIONS**

Шабанов В.А., Алексеев В.Ю., Токмаков Д.А., Шепелин А.В.

**ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация**

**Чебоксарский электроаппаратный завод, г. Чебоксары,
Российская Федерация**

V.A. Shabanov, V.U. Alekseev, D.A. Tokmakov, A.V. Shepelin

**FSBEI NPE “Ufa State Petroleum Technological University”, Ufa,
the Russian Federation**

Cheboksary Electric Apparatus Plant, Cheboksary, the Russian Federation

e-mail: ShabanovVA1@yandex.ru

Аннотация. Исследуется эффективность блокировки защиты минимального напряжения от максимальной токовой защиты ввода при коротких замыканиях в электрической сети нефтеперекачивающих станций и анализируется влияние неселективного срабатывания защиты минимального напряжения на технологический процесс перекачки. Процесс перекачки нефти по магистральным нефтепроводам является непрерывным. Однако при нарушениях электроснабжения электродвигатели магистральных насосов теряют питание, что может нарушить бесперебойность технологического процесса. Для выявления нарушений электроснабжения и принятия мер для сохранения непрерывности технологического процесса на нефтеперекачивающих

станциях применяются защиты от потери питания. Одним из видов таких защит является защита минимального напряжения, которая на нефтеперекачивающих станциях с асинхронным приводом магистральных насосов является основной защитой от потери питания. Для обеспечения селективности действия защита минимального напряжения не должна действовать при коротких замыканиях в распределительной сети предприятия. В случае ее неселективного срабатывания может произойти ложное отключение всей секции шин распределительного устройства, что может привести к остановке магистральных насосных агрегатов и к полному расстройству процесса перекачки нефти по трубопроводу. Поэтому действие защиты минимального напряжения должно блокироваться при коротких замыканиях в электрической сети предприятия. Блокировка защиты минимального напряжения на нефтеперекачивающих станциях выполняется от максимальной токовой защиты ввода. Показано, что в зависимости от режима питающей сети блокировка от максимальной токовой защиты ввода может быть не эффективной и защита минимального напряжения может сработать не селективно. Найдены диапазон сопротивлений питающей электрической сети и диапазон расстояний до места короткого замыкания, при которых происходит отказ максимальной токовой защиты и неселективное срабатывание защиты минимального напряжения. Исследованы переходные процессы в трубопроводе при неселективном срабатывании защиты минимального напряжения.

Abstract. This article examines the effectiveness of the blocking action for the undervoltage protection from the overcurrent protection in electric mains pump stations and analyzes the impact of non-selective action of the undervoltage protection on the technological process of pumping. The process of pumping oil through main pipelines is continuous. However, when power failure, the motors of the main pumps lose power, that can disrupt the continuity of the technological process of pumping. The protection from power loss are

used to detect power failure and taking measures to preserve the continuity of the technological process at oil pumping stations. Undervoltage protection is the main power loss protection when asynchronous drives of the main pumps are used on oil pumping stations. The undervoltage protection must not operate when short circuits in the distribution network of the enterprise to ensure the selectivity of the action. Disable entire section tires switchgear may take place if non-selective trigger occur. It can lead to the stop of the main pumping units and to the total breakdown of the process of pumping oil through the pipeline. Therefore, the protection of the minimum voltage should be blocked when the short circuits in the electrical network of the enterprise. Lock protection minimum voltage at the booster stations is performed from an overcurrent protection input. It is shown that depending on the mode of the supply network lock maximum current input protection may not be effective and undervoltage protection may work selectively. Found resistance range electric supply the range of distances to the fault location at which the failure of MTW and non-selective tripping MNH, at PS, the Investigated transients in the pipeline in the non-selective protection of the minimum voltage. It is shown that depending on the mode of the supply network the blocking may be not effective and undervoltage protection may work incorrect. Found resistance range of electric supply network and the range of distances to the fault location at which an overcurrent protection is not work but undervoltage protection works. Investigated transient processes in the pipeline when protection of the minimum voltage acts not selective.

Ключевые слова: нефтеперекачивающая станция, магистральный насос, электродвигатель, защита минимального напряжения, максимальная токовая защита, селективность, блокировка.

Key words: oil pumping station; main pump; electric motor; undervoltage protection; over current protection; selectivity, blocking.

Введение. Процесс перекачки нефти по магистральным нефтепроводам является непрерывным и предъявляет высокие требования к надежности электроснабжения. При нарушениях электроснабжения электродвигатели магистральных насосов теряют питание, что может нарушить бесперебойность технологического процесса перекачки. Для выявления нарушений электроснабжения и принятия мер для сохранения непрерывности технологического процесса на нефтеперекачивающих станциях (НПС) применяются защиты от потери питания [1, 2]. Одним из видов защиты от потери питания являются защиты минимального напряжения (ЗМН). Они широко применяются на НПС для выявления таких режимов нарушения электроснабжения, которые сопровождаются исчезновением или глубоким снижением напряжения в электрической сети [3, 4, 5]. На НПС с асинхронным приводом магистральных насосов ЗМН является основной защитой от потери питания. Пуск ЗМН происходит при снижении напряжения по любой причине, в том числе и при коротких замыканиях (КЗ) в электрической сети [6, 7]. Однако ЗМН должна срабатывать только при КЗ в питающей электрической сети и не должна действовать при КЗ в распределительной сети предприятия. В случае срабатывания ЗМН при КЗ в распределительной сети предприятия происходит ложное отключение вводного выключателя распределительного устройства, что может привести к остановке магистральных насосных агрегатов и к полному расстройству процесса перекачки нефти по трубопроводу [8, 9, 10]. Поэтому действие ЗМН должно блокироваться при КЗ в электрической сети предприятия. Блокировка ЗМН на НПС выполняется от токовых реле максимальной токовой защиты (МТЗ) ввода. В статье исследуется эффективность блокировки действия ЗМН от МТЗ ввода при КЗ в электрической сети НПС и анализируется влияние неселективного действия ЗМН на технологический процесс перекачки.

Анализ взаимодействия защит на НПС. Схема электроснабжения НПС с расположением ЗМН приведена на рисунке 1.

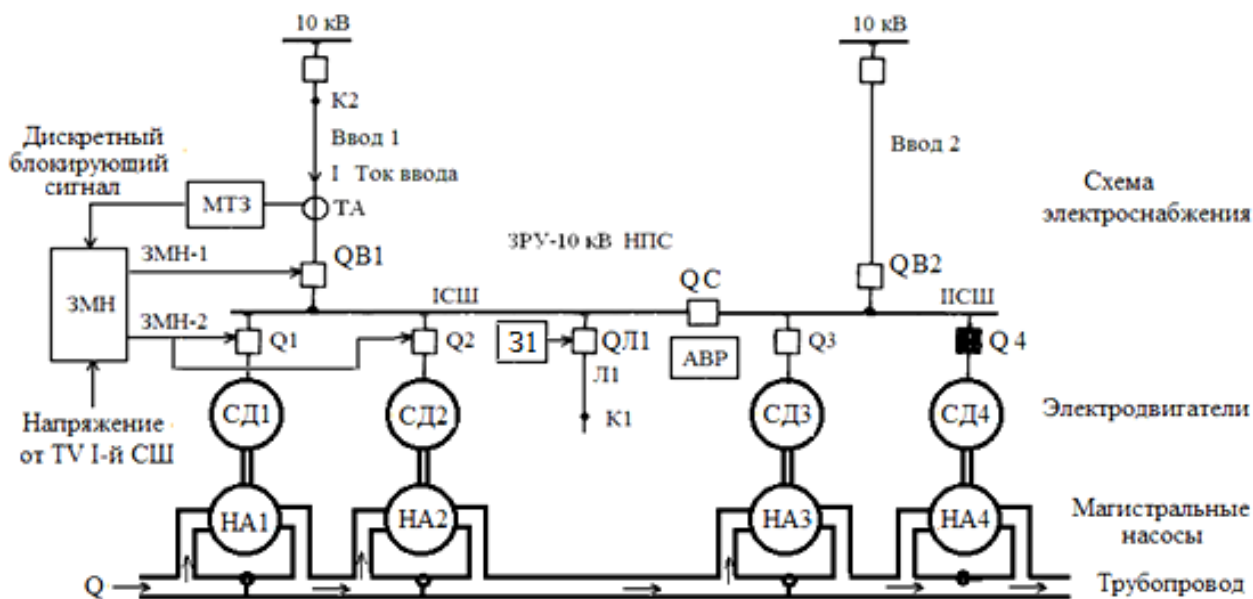


Рисунок 1. Совмещенная схема электроснабжения и трубопровода:

НА – насосные агрегаты; СД – синхронные двигатели;

TV – трансформатор напряжения; СШ – секция шин

На НПС устанавливается обычно четыре магистральных насосных агрегата. Из них не более трех участвуют в режиме перекачки, и один находится в технологическом резерве. Синхронные электродвигатели (СД) магистральных насосных агрегатов получают питание от шин технологического закрытого распределительного устройства (ЗРУ) напряжением 6 или 10 кВ. Защита минимального напряжения на НПС выполняется двухступенчатой. Первая ступень ЗМН-1, с выдержкой времени 0,5 с, действует на отключение выключателя ввода (QB1) в режимах потери питания с глубоким снижением или исчезновением напряжения. По факту отключения выключателя ввода происходит пуск схемы автоматического включения резерва (АВР), включается секционный выключатель QC и питание электродвигателей СД1 и СД2, потерявших питание, восстанавливается. Вторая ступень ЗМН-2, с выдержкой времени 5-7 с, действует на отключение электродвигателей, потерявших питание.

Работает она при отказе ЗМН-1 или при отказе АВР. В этих случаях технологический процесс перекачки нефти по трубопроводу сохраняется за счет включения резервного магистрального насоса НА4 [11, 12].

Пусковые реле напряжения ЗМН срабатывают при КЗ, как во внешней электрической сети (точка К2), так и в сети предприятия (точка К1). Однако при КЗ в распределительной сети предприятия первая ступень ЗМН работать не должна. Такие КЗ должны отключаться быстродействующими защитами присоединений [13]. Для блокировки ЗМН-1 при КЗ в сети предприятия используется дискретный сигнал от токовых реле МТЗ ввода. Для эффективной работы блокировки зона действия МТЗ при КЗ в сети предприятия должна быть больше зоны действия ЗМН-1. Если зона действия МТЗ будет меньше зоны действия ЗМН-1, то при КЗ в сети предприятия за пределами зоны действия МТЗ возможно неселективное срабатывание ЗМН-1

Отходящие линии имеют быстродействующие защиты (токовые отсечки) и защиты с выдержкой времени. При КЗ в пределах действия быстродействующей защиты (защита 31 на рисунке 1) происходит пуск измерительных реле защиты 31, МТЗ ввода и ЗМН. Однако МТЗ и ЗМН имеют выдержку времени. Поэтому защита 31 присоединения срабатывает раньше, отключает выключатель поврежденного присоединения и напряжение, на терявшей питание секции шин, восстанавливается. При КЗ на линии Л1 за пределами действия защиты 31 может произойти пуск либо измерительных реле МТЗ ввода и ЗМН, либо только МТЗ ввода, либо только ЗМН. В первых двух случаях МТЗ блокирует действие ЗМН. В третьем случае происходит неселективное срабатывание ЗМН, отключение выключателя ввода и пуск АВР. При срабатывании АВР происходит включение секционного выключателя при неотключенной поврежденной линии Л1, то есть включение происходит на КЗ. В результате под действием тока КЗ может произойти отключение выключателя второго ввода и полное «погашение» всей НПС.

Анализ переходных процессов. Рассмотрим переходные процессы в системе электроснабжения и в трубопроводе при КЗ на линии Л1 (точка К1). Осциллограммы переходных процессов в случае эффективного срабатывания блокировки ЗМН от МТЗ приведены на рисунке 2.

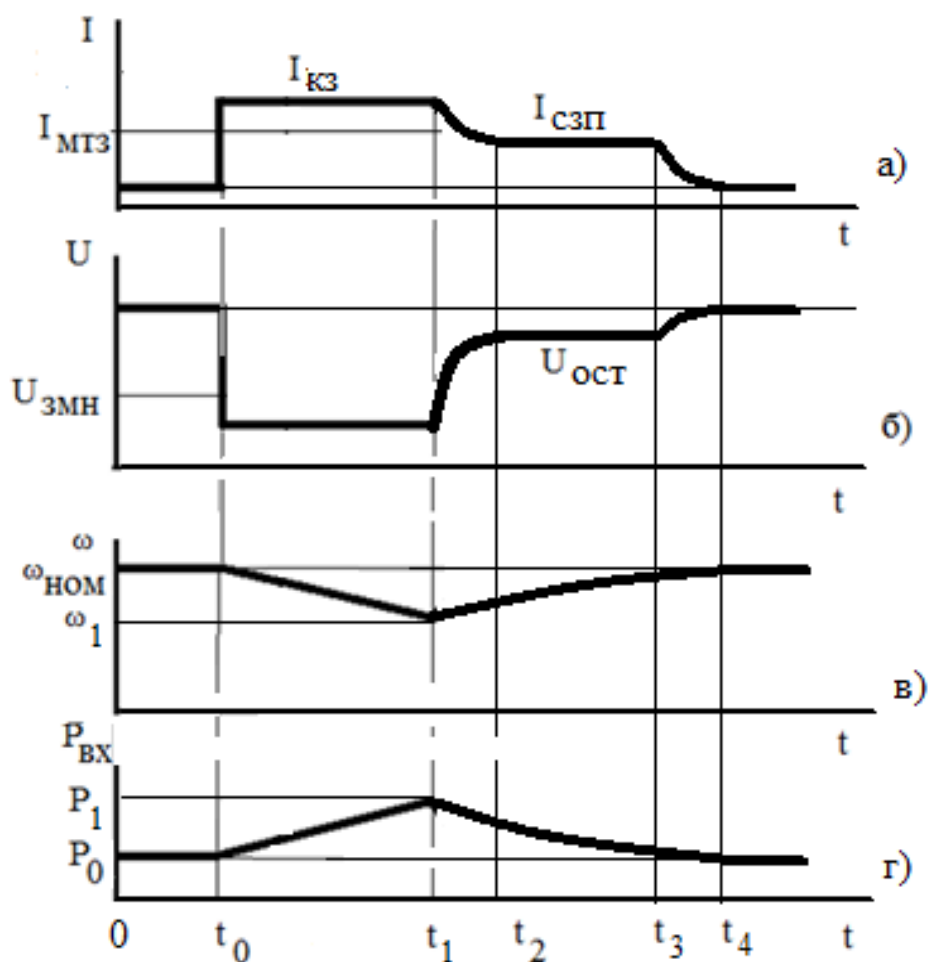


Рисунок 2. Осциллограммы напряжения, тока, частоты вращения насоса и давления в трубопроводе при КЗ в зоне действия защиты 31 при успешном блокировании ЗМН от МТЗ

При КЗ в точке К1 в момент времени t_0 ток в линии Л1 резко увеличивается и превышает ток срабатывания защиты 31 и МТЗ ввода (рисунок 2, а). Напряжение на 1-й секции шин при этом снижается и становится меньше напряжения срабатывания ЗМН-1 ($U_{ЗМН}$ на рисунке 2, б). Реле напряжения ЗМН срабатывают, но действие ЗМН на отключение вводного выключателя блокируется контактами токовых реле МТЗ ввода. В момент времени t_1 срабатывает токовая защита 31 поврежденной линии

Л1(рисунок 1). Выключатель линии QЛ1 отключается, питание первой секции шин восстанавливается и электродвигатели СД1 и СД2, потерявшие питание, оказываются в режиме самозапуска. При этом по вводу 1 протекает ток самозапуска $I_{СЗП}$ (рисунок 2, а), а напряжение на шинах будет меньше номинального значения и равно остаточному напряжению $U_{ост}$ (рисунок 2, б). В момент времени t_3 синхронные электродвигатели СД1 и СД2 разгоняются до подсинхронной скорости и в момент времени t_4 самозапуск заканчивается. При этом ток ввода и напряжение на шинах восстанавливаются до рабочих значений, близких к значениям до КЗ.

Нарушение электроснабжения при КЗ в системе электроснабжения вызывает переходный процесс и в трубопроводе. Электродвигатели СД1 и СД2 при потере питания в результате КЗ в точке К1 переходят в режим выбега (торможения), и частота их вращения ω снижается (рисунок 2, в). При этом растет давление в трубопроводе на входе НПС $P_{вх}$ (рисунок 2, г). В трубопроводе возникает волна повышенного давления, которая распространяется по трубопроводу к предыдущей насосной станции и «накладываясь» на имеющееся давление в трубопроводе, суммируется с ним.

Перерыв питания при отключении поврежденной линии от защиты З1 и успешной блокировке ЗМН от МТЗ равен сумме времени действия защиты З1 и времени отключения выключателя и не превышает 0,1 – 0,2 с. За это время скорость вращения электродвигателей и насосных агрегатов, а следовательно, и параметры режима перекачки (давления в трубопроводе на входе и выходе из насоса), существенно не изменяются.

Сложнее протекают переходные процессы при КЗ за пределами зоны действия защиты З1 в случае отказа блокировки ЗМН от МТЗ ввода. Осциллограммы переходных процессов в случае отказа блокировки ЗМН от МТЗ приведены на рисунке 3.

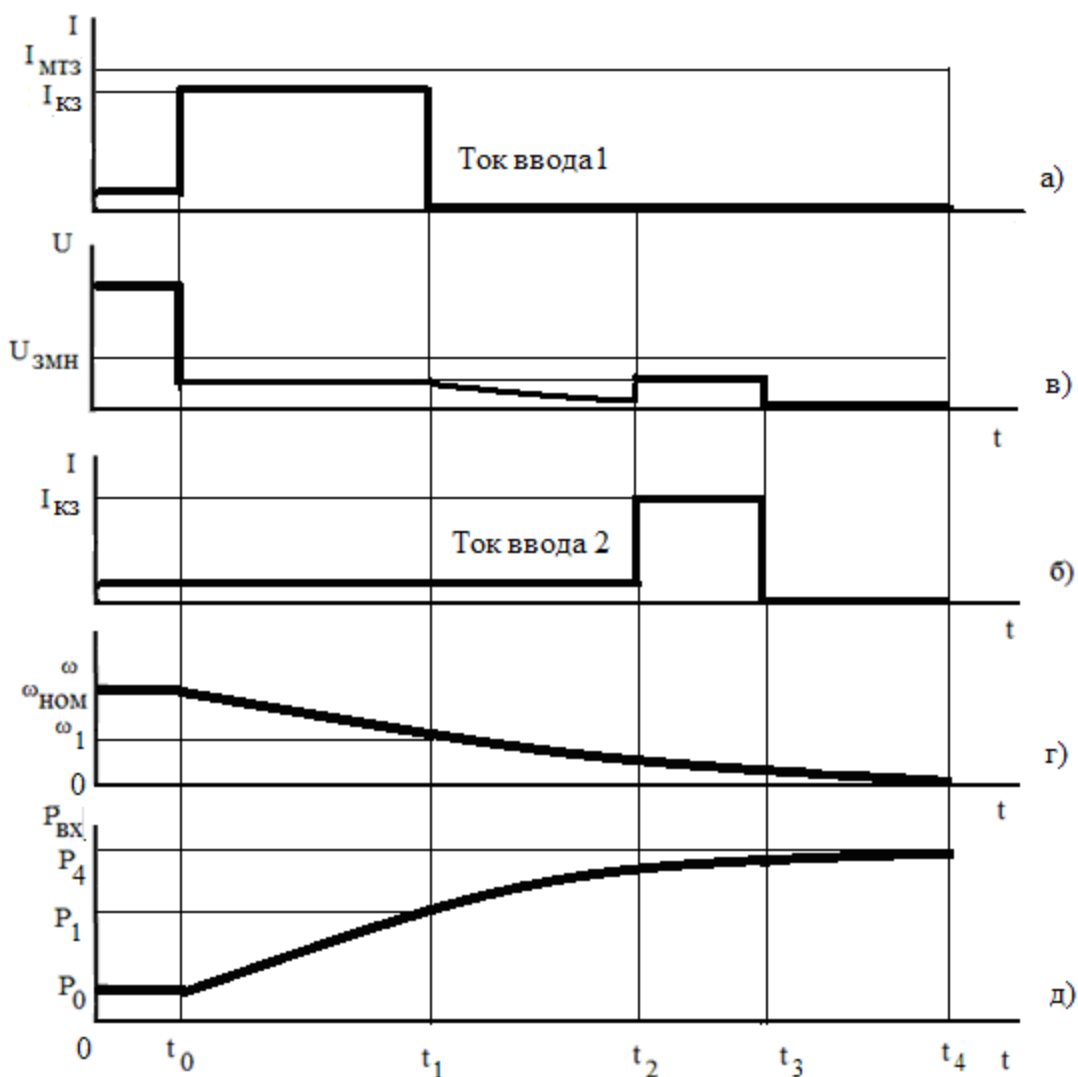


Рисунок 3. Осциллограммы тока, напряжения, частоты вращения насоса и давления в трубопроводе при отказе блокировки ЗМН от МТЗ

На рисунке 3 ток КЗ в линии Л1 меньше тока срабатывания быстродействующей ступени защиты З1, а ток ввода меньше тока срабатывания МТЗ ввода $I_{\text{МТЗ}}$ (рисунок 3, а). Напряжение на 1-й секции шин при КЗ в момент времени t_0 снижается и становится меньше напряжения срабатывания ЗМН-1 (рисунок 3, б). Реле напряжения ЗМН срабатывают, и в момент времени t_1 отключают выключатель ввода. Ток в месте КЗ снижается до нуля. При отключении выключателя ввода происходит пуск схемы АВР и в момент времени t_2 включается секционный выключатель QC. Так как защита З1 не сработала и выключатель QL1 линии Л1 остался включенным, то при включении секционного выключателя в месте КЗ и по линии Л1 снова потечет ток КЗ.

При этом напряжение на обеих секциях шин снижается до нуля. В результате выбег электродвигателей будет происходить до полной остановки насосного агрегата. В трубопроводе возникает волна повышенного давления с максимально возможной амплитудой $\Delta P = P_4 - P_0$. Давление в трубопроводе при этом может превысить максимально допустимое для трубопровода значение и достигнуть уставки срабатывания защиты трубопровода по максимальному давлению на выходе предыдущей НПС, что может привести к отключению предыдущей НПС по давлению и к полному расстройству технологического процесса.

Анализ условий и причин отказа блокировки ЗМН от МТЗ.

Рассмотрим, при каких условиях блокировка ЗМН-1 от МТЗ ввода на НПС будет неэффективной и появляется опасность нарушения технологического процесса перекачки.

Для обеспечения селективности действия напряжения срабатывания ЗМН-1 должно быть отстроено от остаточного напряжения на шинах технологического ЗРУ-6(10) кВ при самозапуске насосных агрегатов. Расчетным режимом для выбора уставки ЗМН по напряжению является, как правило, самозапуск электродвигателей, который происходит либо после устранения КЗ в электрической сети, либо после включения секционного выключателя при работе АВР. При этом напряжение срабатывания ЗМН-1 принимается из условия возврата реле напряжения при самозапуске по выражению

$$U_{ЗМН} = \frac{U_{ост}}{K_{отс} \cdot K_{в.н}} = \frac{U_C \cdot X_{\varepsilon}}{K_{отс} \cdot K_{в.н} \cdot (X_{с.нб} + X_{\varepsilon})} \quad (1)$$

где $U_{ЗМН}$ – напряжение срабатывания ЗМН-1; $U_{ост}$ – остаточное напряжение на шинах при самозапуске электродвигателей; $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,1-1,2; $K_{в.н}$ – коэффициент возврата, который для реле минимального напряжения больше единицы; U_C – напряжение питающей сети; $X_{с.нб}$ – наибольшее

эквивалентное реактивное сопротивление питающей сети;
 X_{Σ} – эквивалентное сопротивление электродвигателей.

Расчетным режимом для определения напряжения срабатывания ЗМН является минимальный режим питающей сети, при котором сопротивление сети будет наибольшим и максимальный режим потребителя, при котором в самозапуске участвует наибольшее число электродвигателей.

Основными функциями МТЗ ввода на НПС является защита шин и резервирование токовых защит присоединений, отходящих от шин ЗРУ-10 кВ. Ток срабатывания МТЗ отстраивается от наибольшего тока, протекающего по вводу при самозапуске электродвигателей. Как и для ЗМН расчетными являются два режима: самозапуск электродвигателей после отключения близкого КЗ и самозапуск после включения секционного выключателя при срабатывании АВР.

При близких КЗ в сети предприятия токовые реле МТЗ ввода срабатывают, а после отключения КЗ они должны вернуться в исходное состояние. При этом ток срабатывания МТЗ ввода принимается из условия возврата токовых реле при самозапуске после отключения КЗ по выражению

$$I_{MTZ} = \frac{K_{OTC} \cdot I_{CЗП}}{K_{B.T}} = \frac{K_{OTC} \cdot U_C}{\sqrt{3} \cdot K_{B.T} \cdot (X_{C.HM} + X_{\Sigma})}, \quad (2)$$

где $I_{CЗП}$ – ток самозапуска; K_{OTC} – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,1-1,2; $K_{B.T}$ – коэффициент возврата реле тока; $X_{C.HM}$ – наименьшее эквивалентное реактивное сопротивление питающей сети; X_{Σ} – то же, что и в выражении (1).

Для надежной блокировки ЗМН от МТЗ зона действия МТЗ должна быть не меньше зоны действия ЗМН. При КЗ в распределительной сети НПС на расстоянии L_K от начала линии (например, в точке К1 на линии Л1) ток КЗ I_K и напряжение на шинах $U_{Ш}$ будут, соответственно:

$$I_K = \frac{U_C}{\sqrt{3} \cdot (X_C + L_K \cdot X_{уд})}; \quad (3)$$

$$U_{ш} = \frac{U_C \cdot L_K \cdot X_{уд}}{X_C + L_K \cdot X_{уд}}, \quad (4)$$

где X_C – эквивалентное реактивное сопротивление питающей сети на момент КЗ; $X_{уд}$ – удельное сопротивление линии Ом/км.

Для определения длины зоны действия ЗМН приравняем правые части выражений (1) и (4), решим полученное уравнение относительно расстояния L_K до места КЗ, при котором срабатывает ЗМН. Тогда для длины зоны действия ЗМН при одинаковых коэффициентах отстройки для ЗМН и МТЗ, получим:

$$L_{ЗМН} = \frac{X_C \cdot X_{\mathcal{E}}}{K_{отс} \cdot K_{в.н} \cdot (X_{с.нб} + X_{\mathcal{E}}) - X_{\mathcal{E}}} \cdot \frac{1}{X_{уд}}, \quad (5)$$

где $X_{уд}$ – удельное индуктивное сопротивление линии.

Аналогично, приравнивая правые части выражений (1) и (3), найдем выражение для длины зоны действия МТЗ

$$L_{МТЗ} = \frac{K_{в.т} \cdot (X_{с.нм} + X_{\mathcal{E}}) - K_{отс} \cdot X_C}{K_{отс} \cdot X_{уд}}. \quad (6)$$

Из (5) и (6) следует, что зона действия ЗМН линейно растет при увеличении сопротивления системы X_C , а зона действия МТЗ – линейно снижается. Блокировка ЗМН от МТЗ будет неэффективной, если длина зоны МТЗ будет меньше длины зоны ЗМН. Найдем разность длин зон ЗМН и МТЗ, принимая в (5) и (6) $K_{отс} = K_{в.н} = K_{в.т} = 1,0$ при наименьшем $X_{с.нм}$ и наибольшем $X_{с.нб}$ значениях сопротивления питающей сети. При $X_C = X_{с.нм}$ получим:

$$L_{ЗМН} - L_{МТЗ} = \frac{X_{\mathcal{E}} \cdot (X_{с.нм} - X_{с.нб})}{X_{уд} \cdot X_{с.нб}} \quad (7)$$

Аналогично при $X_C = X_{C.НБ}$:

$$L_{ЗМН} - L_{МТЗ} = \frac{X_{C.НБ} \cdot (X_{C.НБ} - X_{C.НМ})}{X_{уд} \cdot X_{C.НБ}}. \quad (8)$$

Из (7) следует, что при $X_C = X_{C.НМ}$ длина зоны ЗМН $L_{ЗМН}$ меньше длины зоны МТЗ $L_{МТЗ}$ и при КЗ в любой точке зоны ЗМН ее действие блокируется вследствие срабатывания МТЗ. Однако из (8) следует, что при $X_C = X_{C.НБ}$ длина зоны ЗМН $L_{ЗМН}$ больше длины зоны МТЗ $L_{МТЗ}$. Если при этом происходит КЗ на одной из линий электрической сети НПС на расстоянии L_K , удовлетворяющем неравенству

$$L_{ЗМН} > L_K > L_{МТЗ}, \quad (9)$$

то ЗМН срабатывает, а МТЗ ввода не работает и не блокирует действие ЗМН.

Разность длин зон ЗМН и МТЗ по (5) и (6) меняет знак при сопротивлении питающей сети, равном

$$X_{C.ГР} = \frac{X_{C.НБ} \cdot (X_{Э} + X_{C.НМ})}{X_{Э} + X_{C.НБ}} \quad (10)$$

В рабочем режиме сопротивление питающей сети может быть любым в интервале между наименьшим $X_{C.НМ}$ и наибольшим $X_{C.НБ}$. При этом МТЗ ввода не может обеспечить блокирование ЗМН в диапазоне изменения значений сопротивления питающей сети от граничного значения $X_{C.ГР}$ до наибольшего $X_{C.НБ}$. Таким образом, если сопротивление питающей сети находится в интервале

$$X_{C.ГР} < X_C \leq X_{C.НБ}, \quad (11)$$

то при КЗ на расстоянии, удовлетворяющем неравенству (9), блокировка от МТЗ не работает и происходит ложное срабатывание ЗМН с опасностью нарушения технологического процесса перекачки.

Причина такого недостатка блокировки ЗМН от МТЗ на НПС – в перегруженности МТЗ ввода возложенными на нее функциями. Основной функцией МТЗ ввода на НПС является защита шин ЗРУ-6,10 кВ. Исходя из этой основной функции, выбирается и ток, и время ее срабатывания. Дополнительными функциями МТЗ ввода является резервирование токовых защит присоединений, отходящих от шин 6, 10 кВ, блокировка первой ступени ЗМН и запрет действия АВР секционного выключателя. Однако эффективность ее действия проверяется только по чувствительности к КЗ на шинах. При этом эффективность МТЗ ввода в качестве блокировки ЗМН при КЗ в сети предприятия не проверяется. Однако для НПС неселективное срабатывание ЗМН в случае отказа ее блокировки может привести к нарушению технологического процесса. Поэтому актуальной задачей является либо разработка мероприятий по повышению чувствительности МТЗ ввода, либо разработка специальных средств обеспечения блокирования ЗМН при КЗ в электрической сети НПС.

Выводы

1. Если сопротивление питающей сети больше граничного значения, то длина зоны МТЗ при КЗ в сети предприятия становится меньше, чем длина зоны ЗМН и блокировка ЗМН от МТЗ ввода может отказать. При этом может произойти неселективное отключение выключателя ввода от ЗМН и включение секционного выключателя на КЗ. В результате может произойти нарушение электроснабжения всей НПС и полное расстройство технологического процесса перекачки нефти по магистральному нефтепроводу.

2. Для оценки эффективности блокировки ЗМН от МТЗ ввода необходимо определять длины зон ЗМН и МТЗ и интервал значений сопротивления питающей сети, при котором длина зоны МТЗ меньше длины зоны ЗМН.

3. Причина отказа блокировки ЗМН от МТЗ – в перегруженности МТЗ ввода возложенными на нее функциями, причем основной функцией МТЗ ввода на НПС является защита шин ЗРУ-6,10 кВ. Поэтому актуальной задачей является исследование и разработка специальных мероприятий и средств для обеспечения блокирования ЗМН при КЗ в электрической сети НПС.

Список используемых источников

1 Шабанов В.А., Алексеев В.Ю. Условия срабатывания АВР на нефтеперекачивающих станциях // Энергетик. 2010. № 3. С.37-39.

2 Согласование выдержек времени релейной защиты НПС/ В.А.Шабанов, В.Ю.Алексеев, С.Е. Клименко, Р.З. Юсупов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и энергоресурсов. 2007. №4(70). С. 84-89.

3 Шабанов В.А., Алексеев В.Ю. Выбор уставок защит минимального напряжения на нефтеперекачивающих станциях // Энергетик. 2008. №7. С. 37-39.

4 Повышение надежности пусковых органов минимального напряжения АВР на НПС/ В.А.Шабанов, В.Ю. Алексеев, М.К. Плеханов, Р.З. Юсупов // Электронные устройства и системы: межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 2010. С. 271-275.

5 Шабанов В.А., Алексеев В.Ю. Повышение эффективности первой ступени защиты минимального напряжения на нефтеперекачивающих станциях. // Электромеханика, электротехнические системы и комплексы. Межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 2010. С. 179-183.

6 Корогодский В.И., Кужеков С.Л., Паперно Л.Б. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. М.: Энергоатомиздат, 1987.264 с.

7 Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М.: Высшая школа, 2008. 639 с.

8 Недостатки защит минимального напряжения на нефтеперекачивающих станциях/ В.А. Шабанов, В.Ю.Алексеев, А.Р. Валишин, М.К. Плеханов // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. 2010. №2. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Shabanov/Shabanov_1.pdf.

9 Шабанов В.А., Алексеев В.Ю., Валишин А.Р. Выполнение защит минимального напряжения на нефтеперекачивающих станциях // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвуз. сб. науч. тр./ УГНТУ. Уфа, 2010. С. 93-98.

10 Пути устранения недостатков защиты минимального напряжения на нефтеперекачивающих станциях/ В.А. Шабанов, В.Ю.Алексеев, А.Р. Валишин, М.К. Плеханов // Нефтегазовое дело. 2011. Т.9, №2. С. 91-94.

11 Сравнительный анализ роли самозапуска и технологического АВР в обеспечении устойчивой работы НПС с синхронными электродвигателями/ В.А.Шабанов, В.Ю.Алексеев, Т.С.Мустафин, А.Р. Валишин // Нефтегазовое дело. 2008. Т.6, №1. С. 143-146.

12 Шабанов В.А., Алексеев В.Ю. Ускорение включения технологического резерва на НПС при нарушениях в системе электроснабжения// Промышленная энергетика. 2010. № 6. С. 31-35.

13 Шабанов В.А., Алексеев В.Ю. Обеспечение селективности второй ступени защиты минимального напряжения на нефтеперекачивающих станциях // Промышленная энергетика. 2008. №4. С. 25-27.

References

1 Shabanov V.A., Alekseyev V.YU. Usloviya srbatyvaniya AVR na nefteperekachivayushchikh stantsiyakh // Energetik, 2010. № 3. S.37-39. [in Russian].

2 Soglasovaniye vyderzhek vremeni releynoy zashchity NPS/ Shabanov V.A., Alekseyev V.YU., Klimenko S.Ye., Yusupov R.Z. // Problemy sbora, podgotovki i transportanefi i energoresursov, 2007. №4(70). S.84-89. [in Russian].

3 Shabanov V.A., Alekseyev V.YU. Vybor ustavok zashchit minimal'nogo napryazheniya na neftepererekachivayushchikh stantsiyakh // Energetik. 2008 №7. S.37-39. [in Russian].

4 Povysheniye nadezhnosti puskovykh organov minimal'nogo napryazheniya AVR na NPS/ Shabanov V.A., Alekseyev V.YU., Plekhanov M.K., Yusupov R.Z. // Elektronnyye ustroystva i sistemy: mezhvuz.nauch.sb. Ufa: UGATU, 2010. S.271-275. [in Russian].

5 Shabanov V.A., Alekseyev V.YU. Povysheniye effektivnosti pervoy stupeni zashchity minimal'nogo napryazheniya na neftepererekachivayushchikh stantsiyakh. // Elektromekhanika, elektrotekhnicheskiye sistemy i komplekсы. Mezhvuz. Nauch. sb. Ufa: UGATU. 2010. S.179-183. [in Russian].

6 Korogodskiy V.I., Kuzhekov S.L., Paperno L.B. Releynaya zashchita elektrodvigateley napryazheniyem vyshe 1 kV. M.: Energoatomizdat, 1987. 264 s. [in Russian].

7 Andreyev V.A. Releynaya zashchita i avtomatika system elektrosnabzheniya. M.: Vysshaya shkola, 2008. 639 s. [in Russian].

8 Nedostatki zashchit minimal'nogo napryazheniya na neftepererekachivayushchikh stantsiyakh/ Shabanov V.A., Alekseyev V.YU., Valishin A.R., Plekhanov M.K. // Neftegazovoye delo: Elektron.nauch.zhurn. 2010. №2. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Shabanov/Shabanov_1.pdf. [in Russian].

9 Shabanov V.A., Alekseyev V.YU., Valishin A.R. Vypolneniye zashchit minimal'nogo napryazheniya na neftepererekachivayushchikh stantsiyakh // Mezhvuz.sb.nauch.tr. «Povysheniye nadezhnosti i energoeffektivnosti elektrotekhnicheskikh system i komplekсов» Ufa: Izd-vo UGNTU, 2010 g. S. 93-98. [in Russian].

10 Puti ustraneniya nedostatkov zashchity minimal'nogo napryazheniya na neftepererekachivayushchikh stantsiyakh/ Shabanov B.A., Alekseyev V.YU., Valishin A.R., Plekhanov M.K. // Neftegazovoye delo, 2011. T.9, №2. S.91-94. [in Russian].

11 Sravnitel'nyy analiz roli samozapuska i tekhnologicheskogo AVR v obespechenii ustoychivoy raboty NPS s sinkhronnymi elektrodvigatelyami/ Shabanov V.A., Alekseyev V.YU., Mustafin T.S., Valishin A.R. // Neftegazovoye delo. 2008. T.6, №1. S.143-146. [in Russian].

12 Shabanov V.A., Alekseyev V.YU. Uskoreniye v klyucheniya tekhnologicheskogo rezervana NPS pri narusheniyakh v sisteme elektrosnabzheniya / Promyshlennaya energetika. 2010. № 6. S.31-35. [in Russian].

13 V.A. Shabanov, V.YU. Alekseyev. Obespecheniye selektivnosti vtoroy stupeni zashchity minimal'nogo napryazheniya na nefteperekachivayushchikh stantsiyakh. // «Promyshlennaya energetika». 2008. №4. S.25-27. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Шабанов В.А., канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Электротехника и электрооборудование предприятий», ФГБОУ ВПО УГНТУ г. Уфа, Российская Федерация

V.A. Shabanov, Candidate of Engineering Sciences, Head of the Chair “Electrotechnique and Electrical Equipment of Enterprises”, FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: ShabanovVA1@yandex.ru

Алексеев В.Ю., канд. техн. наук, доцент кафедры «Электротехника и электрооборудование предприятий», ФГБОУ ВПО УГНТУ г. Уфа, Российская Федерация

V.U. Alekseev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair “Electrotechnique and Electrical Equipment of Enterprises”, FSBEI NPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: vik120212@gmail.com

Токмаков Д.А., техн. директор ГК ЧЭАЗ, генеральный директор
ООО ЧЭАЗ-ЭЛПРИ, г. Чебоксары, Российская Федерация

D.A. Tokmakov, Technical Director Cheboksary Electric Apparatus Plant,
Cheboksary, the Russian Federation

e-mail: cheaz@cheaz.ru

Шепелин А.В., технический директор ООО ЧЭАЗ-ЭЛПРИ,
г. Чебоксары, Российская Федерация

A.V. Shepelin, Technical Director ChEAZ-ELPRY Ltd, Cheboksary,
the Russian Federation

e-mail: elpry@mail.ru