



Авторы:

Никитина А.Н.,
к.т.н. Петров В.С.,
к.т.н. Наумов В.А.,
д.т.н. Антонов В.И.,
 Чувашский государствен-
 ный университет
 им. И.Н. Ульянова,
 ООО НПП «ЭКРА»,
 г. Чебоксары, Россия.

Nikitina A.N.,
Ph.D. Petrov V.S.,
Ph.D. Naumov V.A.,
D.Sc. Antonov V.I.,
 Chuvash State University,
 EKRA Research and
 Production Enterprise LTD,
 Cheboksary, Russia.

ОПТИМАЛЬНЫЙ УЧЁТ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОТБОРА МОЩНОСТИ В УСТРОЙСТВАХ АВТОМАТИКИ ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

THE OPTIMUM SETTINGS OF POWER SWING PROTECTION FOR POWER LINE WITH BRANCH

Аннотация: обеспечение селективности действия устройств автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР) на линиях с промежуточным отбором мощности значительно затруднено неосуществимостью измерения величины мощности промежуточного отбора. Проблема усугубляется еще и тем, что величина отбираемой мощности на этих подстанциях меняется в широких пределах. Обычно известные решения основаны на применении либо максимальных, либо усредненных характеристик нагрузки промежуточного отбора. Из-за этого оба подхода лишены оптимальности решения и приводят к значительному сужению контролируемой зоны. В статье доказываем, что промежуточный отбор мощности на контролируемом участке линии вносит наибольшую погрешность в оценку местоположения электрического центра качаний в случае расположения непосредственно около места установки устройства АЛАР. Предлагается новый способ учета промежуточного отбора мощности ЛЭП в работе устройства АЛАР. Устанавливается, что оптимальной уставкой устройства АЛАР, обеспечивающей равномерность ошибки учета нагрузки промежуточного отбора мощности в алгоритмической модели сети, является вектор комплексной мощности, равноудаленный от верхней и нижней границ комплексной мощности нагрузки промежуточного отбора. Такой выбор уставки обеспечивает определение места ЭЦК с точностью выше 7% от длины линии. Показана важность введения в зону действия устройства АЛАР расширенной зоны, на которой устройство действует с замедлением.

Ключевые слова: асинхронный режим, ЛЭП с промежуточным отбором мощности, автоматика ликвидации асинхронного режима.

Abstract: the branch power is not measurable in power swing protection. This makes difficult to ensure selectivity of power swing protection. The problem is exacerbated by widely power varying of branch. The known solutions are based on the use of maximum or average power of branch. Therefore, they are not optimal and lead to a significant constriction of protection zone. It is proved that the branch introduces the greatest error in estimating the location of the electric swing center if it is located directly near the

Введение

Селективность действия устройств АЛАР и, следовательно, успешность ликвидации АР во многом зависят от точности определения местоположения электрического центра качаний (ЭЦК) в пределах контролируемого участка. Это требование достаточно легко выполняется при защите транзитной электропередачи без отбора мощности. Совершенно иначе обстоит дело при защите ЛЭП с ответвительными или проходными подстанциями (ПС), например, ЛЭП 110–220 кВ. Величина отбираемой мощности на этих ПС меняется в широких пределах и недоступна для измерений, что значительно усложняет задачу идентификации ЭЦК на части контролируемого участка, находящейся за местом отбора мощности. Очевидно, что неправильный выбор расчетных режимов

приводят либо к ложному действию АЛАР при расположении ЭЦК вне контролируемого участка, либо к несрабатыванию при ЭЦК на контролируемом участке.

Задача учета влияния промежуточного отбора мощности на работу устройств АЛАР известна давно [1, 2, 3, 4], в технической и научной литературе описано множество различных способов ее решения. Например, в работе [5] в различных рабочих и ремонтных схемах предлагается выбрать усредненные характеристики срабатывания АЛАР. Успешность такого подхода во многом зависит от профессиональных качеств специалиста по расчету режимов, и нередко принятые решения бывают далеки от оптимального. Зачастую в расчетах предлагается учесть ответвительные или проходные ПС их максимальной мощностью [6].

power swing protection. A new method for calculating settings of power swing protection at lines with branches is proposed. It is illustrated that the optimal setting of the power swing protection is the vector of complex power, which is equidistant from the upper and lower boundaries of the complex power of branch. The optimal setting ensures the equability of the power swing protection error, associated with changing of branch power. The proposed method ensures the location of the electric swing center with an accuracy of more than 7% of the line length. The importance of introducing the extended zone into the protection zone of power swing protection is shown. At the extended zone the power swing protection have to operate with delay.

Keywords: unstable power swings, power line with branch, power swing protection.

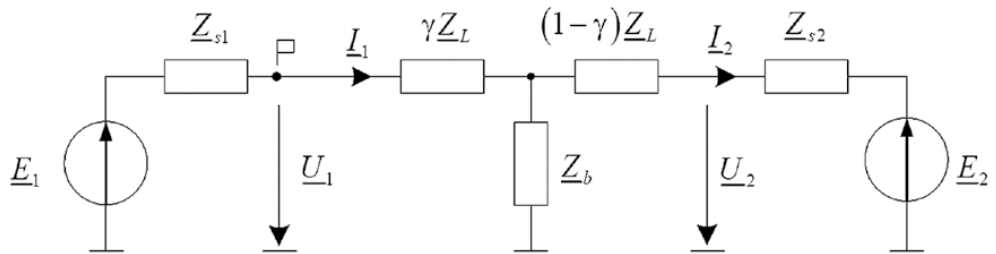


Рис. 1. Расчетная схема электрической сети с промежуточным отбором мощности (место установки устройства АЛАР обозначено флажком)

Однако такое решение заведомо загроуляет устройство АЛАР, приводя к значительному сужению контролируемой зоны и, следовательно, возникновению мертвой зоны при определении местоположения ЭЦК.

В настоящей статье предлагается способ учета промежуточного отбора мощности линий 110-220 кВ в устройстве АЛАР, оптимальный по критерию точности определения местоположения ЭЦК на контролируемом участке. Актуальность темы статьи продиктована, прежде всего, широким применением устройств АЛАР в противоаварийной автоматике линий напряжением 110–220 кВ, избилующих промежуточным отбором мощности.

Выбор оптимальной уставки АЛАР

Рассмотрим выбор оптимальной уставки углового АЛАР [7] при контроле электропередачи 110-220 кВ с промежуточным отбором мощности (рис. 1). Электрические системы по обе стороны от контролируемой линии представлены эквивалентными ЭДС \underline{E}_1 и \underline{E}_2 с внутренними сопротивлениями \underline{Z}_{s1} и \underline{Z}_{s2} . Для удобства изложения используются относительные величины ЭДС, полагая, что они изменяются в диапазоне 0,9÷1,1 от номинального значения [8, 9, 10]; тогда

$$\underline{E}_2 = q \underline{E}_1 e^{-j\delta},$$

где δ – угол передачи, $q \in [0,82; 1,22]$. Устройство АЛАР установлено в начале линии (со стороны ЭДС \underline{E}_1) и контролирует ЛЭП с комплексным сопротивлением

$$\underline{Z}_L = z_L e^{j\varphi_L},$$

электрическая удаленность точки промежуточного отбора мощности (точка под-

ключения нагрузки с комплексным сопротивлением

$$\underline{Z}_b = z_b e^{j\varphi_b}$$

задается коэффициентом γ . Промежуточный отбор мощности характеризуется неизменной в асинхронном режиме комплексной мощностью \underline{S}_b из диапазона от минимальной

$$\underline{S}_{b,\min} = S_{b,\min} e^{j\varphi_{b,\min}}$$

до максимальной

$$\underline{S}_{b,\max} = S_{b,\max} e^{j\varphi_{b,\max}}$$

величины [11].

Устройство АЛАР измеряет угол δ_c между напряжением в месте установки \underline{U}_1 и оценкой напряжения в конце контролируемой зоны (в нашем случае на противоположном конце линии)

$$\hat{\underline{U}}_2 = \underline{U}_1 - \gamma \underline{Z}_L \underline{I}_1 - (1 - \gamma) \underline{Z}_L \hat{\underline{I}}_2. \quad (1)$$

В оценке напряжения $\hat{\underline{U}}_2$ присутствует неопределенность, связанная с неизвестностью величины нагрузки \underline{Z}_b . Обычно она разрешается путем задания в настройках АЛАР фиксированной величины мощности нагрузки $\underline{S}_{b,\text{set}}$. Уставочное значение сопротивления нагрузки в АЛАР рассчитывается через номинальное значение напряжения сети U_{nom}

$$\underline{Z}_{b,\text{set}} = \frac{U_{\text{nom}}^2}{S_{b,\text{set}}} e^{j\varphi_{b,\text{set}}}. \quad (2)$$

Тогда оценка тока на участке линии за промежуточным отбором мощности вычисляется следующим образом:

$$\hat{\underline{I}}_2 = \underline{I}_1 \left(1 + \gamma \frac{\underline{Z}_L}{\underline{Z}_{b,\text{set}}} \right) - \underline{U}_1 \frac{1}{\underline{Z}_{b,\text{set}}}. \quad (3)$$



Никитина

Анастасия Николаевна

В 2018 г. получила степень бакалавра по направлению «Электроэнергетика и электротехника» по профилю «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» в ЧГУ им. И.Н. Ульянова.

Инженер департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», магистрант ЧГУ им. И.Н. Ульянова по направлению «Электроэнергетика и электротехника» по профилю «Автоматика энергосистем».



Петров

Владимир Сергеевич

В 2010 г. получил степень магистра по направлению «Электроэнергетика» по профилю «Электроэнергетические системы, сети, электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность» в ЧГУ им. И.Н. Ульянова.

В 2015 г. защитил в ЧГУ им. И.Н. Ульянова кандидатскую диссертацию «Цифровая система автоматического ограничения повышения напряжения сетей 110-750 кВ». Доцент кафедры электропитания и интеллектуальных электроэнергетических систем им. А.А. Федорова. Руководитель группы департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА».

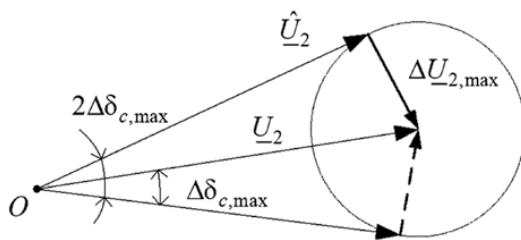


Рис. 2. Диаграмма, иллюстрирующая связь погрешности в оценке угла δ_c с ошибкой ΔU_2 в оценке вектора напряжения \underline{U}_2 . Положение векторов соответствует условию максимальной угловой погрешности АЛАР

Принятое допущение, выраженное в виде оценки (3), приводит к ошибке в оценке напряжения на конце контролируемого участка \hat{U}_2 . Воспользовавшись оценками (1) и (3) и следуя схеме сети (рис. 1), погрешность оценки напряжения \underline{U}_2 можно выразить как

$$\Delta \underline{U}_2 = \underline{U}_2 - \hat{U}_2 = (1 - \gamma) Z_L \left(\hat{I}_2 - I_2 \right) = (1 - \gamma) Z_L \left(\underline{U}_1 - \gamma Z_L I_1 \right) \left(\frac{1}{Z_{b,set}} - \frac{1}{Z_b} \right). \quad (4)$$

И, как видно из диаграммы рис. 2, именно сдвиг вектора оценки \hat{U}_2 относительно вектора напряжения \underline{U}_2 определяет угловую погрешность АЛАР $\Delta \delta_c$, причем ее величина зависит от вектора ошибки ΔU_2 и его положения.

Обозначим промах в задании проводимости нагрузки как

$$\Delta Y_b = \frac{1}{Z_b} - \frac{1}{Z_{b,set}}. \quad (5)$$

Из выражения (4) видно, что погрешность $\Delta \underline{U}_2$ оценки напряжения на противоположном конце контролируемого участка \underline{U}_2 прямо пропорциональна величине промаха ΔY_b в задании уставки проводимости нагрузки в соответствии с формулой (5) и достигает максимального значения $\Delta U_{2,max}$ при расположении точки промежуточного отбора мощности подле места установки устройства АЛАР, т. е. при $\gamma = 0$.

Определим условия оптимальности выбора уставки по мощности промежуточно-

Как следует из выражений (4) и (5), минимальная погрешность оценки напряжения \underline{U}_2 достигается при

$$\Delta Y_b = \frac{\Delta S_b}{U_{nom}^2} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где ΔS_b является модулем промаха в задании мощности нагрузки

$$\Delta \underline{S}_b = S_b e^{j\varphi_b} - S_{b,set} e^{j\varphi_{b,set}}. \quad (7)$$

Для выполнения условия оптимальности (6) необходимо во всем диапазоне изменения мощности промежуточного отбора \underline{S}_b обеспечить минимальность модуля $\Delta \underline{S}_b$ любого из возможных векторов $\Delta \underline{S}_b$.

Удобно анализировать правила выполнения условия оптимальности (6) на комплексной плоскости с координатными осями P и jQ (рис. 3). Интуитивно ясно, что конец вектора уставки по мощности $\underline{S}_{b,set}$ должен лежать в центре окружности O_1 , описывающей область изменения мощности нагрузки, очерченной сектором $A-B-C-D$. Характеристические параметры уставки будут следующими: модуль

$$S_{b,set} = \frac{S_{b,max} + S_{b,min}}{2 \cos \left(\frac{\varphi_{b,max} - \varphi_{b,min}}{2} \right)} \quad (8)$$

и аргумент

$$\varphi_{b,set} = \frac{1}{2} (\varphi_{b,max} + \varphi_{b,min}). \quad (9)$$

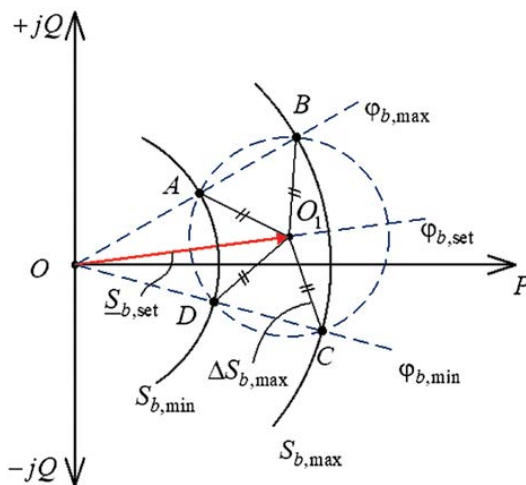


Рис. 3. Правило выбора уставки по мощности $\underline{S}_{b,set}$



Наумов

Владимир Александрович

Окончил в 2001 г. электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2002 г. защитил магистерскую диссертацию. В 2005 г. защитил во ВНИИЭ кандидатскую диссертацию «Анализ и совершенствование продольных дифференциальных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор». Заместитель генерального директора - технический директор ООО НПП «ЭКРА».



Ангонов

Владислав Иванович

Получил диплом инженера-электрика в 1978 г. на факультете электрификации и автоматизации промышленности ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2018 г. защитил докторскую диссертацию «Теория и приложения адаптивного структурного анализа сигналов в интеллектуальной электроэнергетике» в ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Профессор кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматизации ЧГУ им. И.Н. Ульянова, главный специалист департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА».

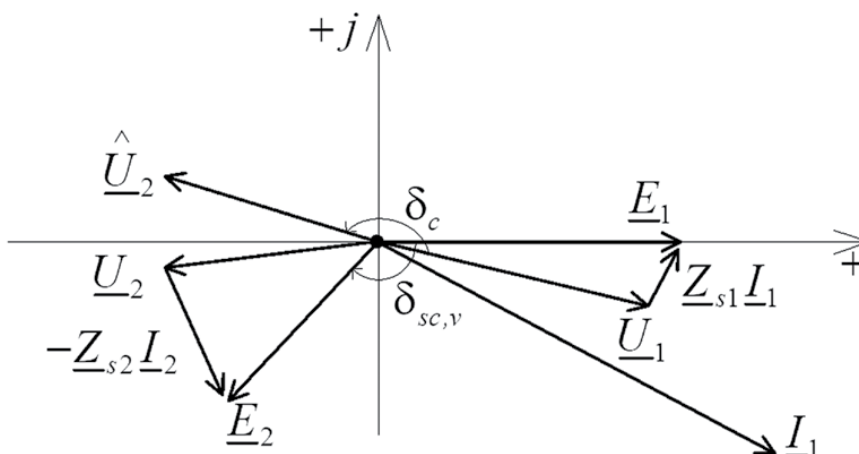


Рис. 4. Векторная диаграмма электрической сети рис. 1

Тогда уставка по сопротивлению для модели промежуточного отбора мощности в АЛАР определяется по (2).

Формулы для уставок (2) и (8) являются оптимальными для всех γ .

Девияция оценки электрического центра качаний

Выбор $S_{b,set}(Z_{b,set})$ не обеспечивает полного исключения погрешности АЛАР и лишь определяет условие минимальности угловой погрешности. Поэтому важно оценить влияние промежуточного отбора мощности на точность определения электрического центра качаний.

Понятно, что при совпадении мощности отбора с уставкой АЛАР место ЭЦК будет определено точно. Но любое отклонение параметров нагрузки от уставки (2) приведет либо к сужению зоны действия АЛАР, либо к ее расширению. Для обеспечения правильного функционирования АЛАР проектировщик должен знать пределы девиации контролируемой зоны, т.е. пределы области расширения и сужения зоны. Далее излагаются основные закономерности, характеризующие упомянутые области.

В режиме максимальной погрешности ($\gamma = 0$) устройство АЛАР оценивает вектор напряжения в конце контролируемого участка как

$$\hat{U}_2 = U_1 - Z_L \hat{I}_2. \quad (10)$$

Будем исходить из положения, что асинхронный режим выявляется по признаку превышения углам

$$\delta_c = \arg(U_1) - \arg(\hat{U}_2)$$

критического значения, равного 180° . Из-за промежуточного отбора мощности вектор напряжения на конце участка U_2 и вектор его оценки \hat{U}_2 на векторной диаграмме (рис. 4) не совпадают, в связи с чем АЛАР установит наступление асинхронного режима в зависимости от знака скольжения либо раньше, чем $\delta_{sc,v}$ достигнет 180° , либо позже, когда окажется, что $\delta_{sc,v} > 180^\circ$.

Контроль угла δ_c эквивалентен слежению за сопротивлением

$$\hat{Z}_R(\delta) = \frac{U_1}{\hat{I}_2}. \quad (11)$$

Равенство $\delta_c = 180^\circ$ означает, что в базе измерений (11) годограф оценки сопротивления $\hat{Z}_R(\delta)$ пересечет вектор сопротивления Z_L при $\delta = \delta_{sc,v}$.

Отличие уставки $S_{b,set}(Z_{b,set})$ от $S_b(Z_b)$ приводит к смещению оценки места ЭЦК, создавая условия, при которых ЭЦК вне контролируемой зоны будет воспринят АЛАР как внутренний, образуя в своей характе-

ристике область сужения зоны действия, и наоборот, ЭЦК в контролируемой зоне – как внешний, формируя область расширения зоны действия (рис. 5). В обоих случаях действие АЛАР будет неправильным: в первом она ложно подействует на разделение сети, а во втором – неоправданно откажет в действии. Во избежание неправильного функционирования АЛАР необходимо контролируемую зону разделить на два участка: основную и расширенную зоны. Если принять, что граница зоны действия АЛАР находится в конце ЛЭП, то основная зона простирается от места установки АЛАР до нижней предельной точки области сужения. На ней АЛАР безошибочно определяет нахождение ЭЦК на контролируемом участке и без замедления может выдать сигнал на разрыв связи. Расширенная зона включает в себя область сужения $Z_L \varepsilon_-$ и расширения $Z_L \varepsilon_+$. На ней АЛАР не может разграничить внутренние ЭЦК от внешних, и поэтому должна выдавать сигнал на разрыв связи с задержкой по времени, необходимой для срабатывания устройства АЛАР с противоположной стороны ЛЭП, находящегося в более выигрышной с точки зрения точности позиции. Здесь ε_- и ε_+ – относительные протяженности областей сужения и расширения зон.

Оценим величины ε_- и ε_+ следуя рис. 5, как:

$$\varepsilon_- = 1 - \frac{\hat{Z}_{R-}(\delta_{sc,v})}{Z_L} \quad (12)$$

и

$$\varepsilon_+ = \frac{\hat{Z}_{R+}(\delta_{sc,v})}{Z_L} - 1. \quad (13)$$

Напомним, что согласно векторной диаграмме (рис. 4) и примечанию к определению (11), при угле $\delta = \delta_{sc,v}$ между источниками \underline{E}_1 и \underline{E}_2 годографы $\hat{Z}_{R-}(\delta)$ и $\hat{Z}_{R+}(\delta)$ пересекают линию, на которой лежит вектор Z_L .

В общем случае границы областей сужения и расширения достигаются при параметрах промежуточного отбора $S_b(Z_b)$, соответствующих координатам точек A, B, C и D (рис. 3). Кроме того, нужно учесть, что возможен режим полного отсутствия отбора мощности, поэтому при дальнейших расчетах принимаем $S_{b,min} = 0$.

Очевидно, что наибольшей величины области сужения и расширения контролируемой зоны достигают при ЭЦК в конце ЛЭП. В этом случае существует связь между сопротивлениями систем слева и справа:

$$Z_{s2} = qe^{j(\pi - \delta_{sc,r})} \left[Z_L + Z_{s1} \left(1 + \frac{Z_L}{Z_b} \right) \right], \quad (14)$$

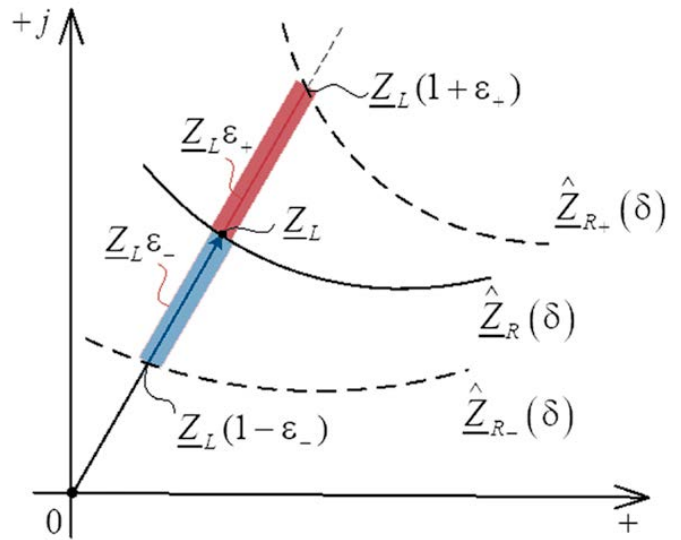


Рис. 5. Области расширения и сужения (верхняя и нижняя закрашенные отрезки на продолжении вектора Z_L) зоны действия АЛАР. $\hat{Z}_{R-}(\delta)$ и $\hat{Z}_{R+}(\delta)$ – годографы оценки сопротивления, формирующие предельные точки зон сужения и расширения

а угол передачи, соответствующий моменту возникновения ЭЦК на ЛЭП, будет равен

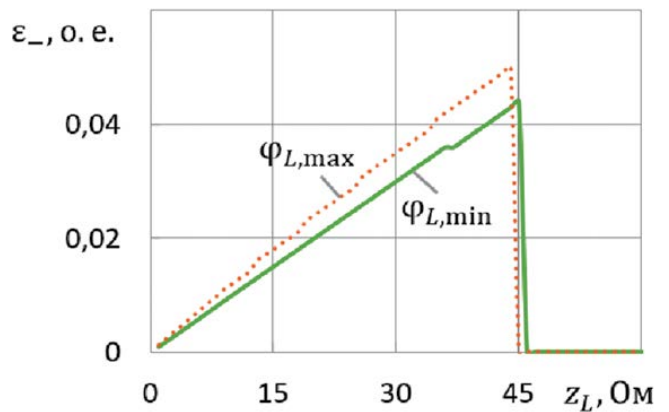
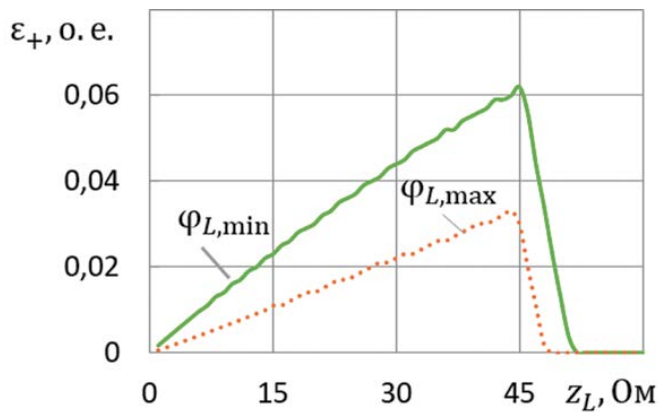
$$\delta_{sc,r} = \frac{\pi}{2} + \arg \left[Z_L + Z_{s1} \left(1 + \frac{Z_L}{Z_b} \right) \right]. \quad (15)$$

Для оценки величин ε_- и ε_+ используем оценку сопротивления, определенную с учетом (3) при угле $\delta_{sc,v}$

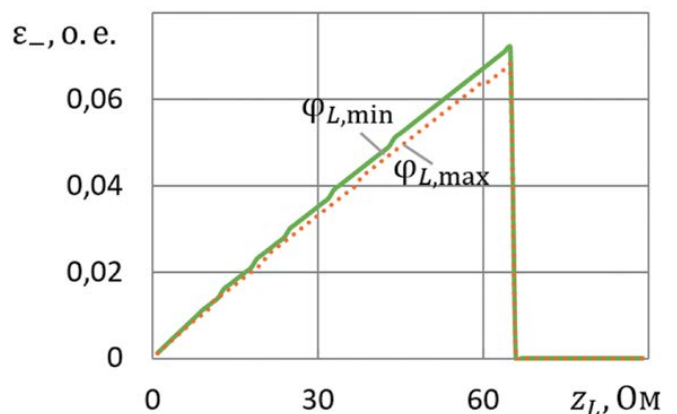
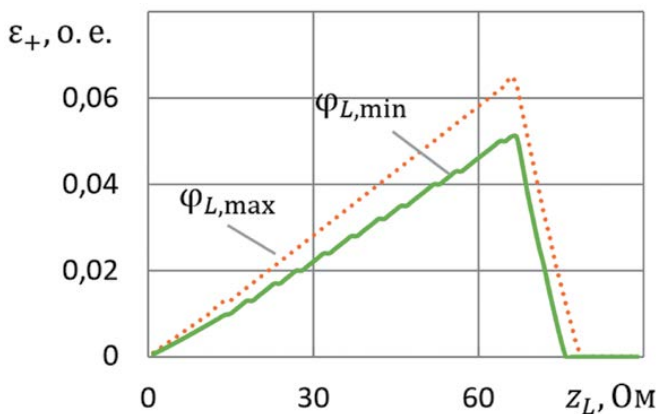
$$\begin{aligned} \hat{Z}_R(\delta_{sc,v}) &= \frac{U_1}{I_1 - \frac{U_1}{Z_{b,set}}} = \frac{1}{\frac{I_1}{U_1} - \frac{1}{Z_{b,set}}} = \\ &= \frac{1}{\Delta Y_b + \frac{1 - qe^{-j\delta_{sc,v}} \left(1 + \frac{Z_{s1}}{Z_b} \right)}{Z_L + Z_{s2} + Z_{s1} qe^{-j\delta_{sc,v}}}}. \end{aligned} \quad (16)$$

Порядок расчетов будет следующим. Сначала по выражению (14) вычисляется сопротивление Z_{s2} . Затем решается трансцендентное уравнение

$$\arg \left[\hat{Z}_R(\delta_{sc,v}) \right] = \arg(Z_L) \quad (17)$$



a)



б)

Рис. 6. Ширина области расширения ε_+ и сужения ε_- контролируемой зоны ЛЭП 110 кВ (а) и 220 кВ (б) при минимальном $\varphi_{L,\min}$ и максимальном $\varphi_{L,\max}$ углах линии. Принято, что для ЛЭП 110 кВ $\varphi_{L,\min} = 46^\circ$ и $\varphi_{L,\max} = 74^\circ$, 220 кВ - $\varphi_{L,\min} = 74^\circ$ и $\varphi_{L,\max} = 82^\circ$

относительно $\delta_{\text{с.в}}$ и по выражениям (12) и (13) определяются искомые величины ε_- и ε_+ при изменении параметров сетей 110 и 220 кВ во всем возможном диапазоне их изменения [6, 12]. Результаты расчета приведены на рис. 6.

Расчеты показывают, что максимальные размеры областей сужения ε_- и расширения ε_+ с увеличением длины (сопротивления Z_L) линии растут (рис. 6), что, конечно же, потребует увеличения расширенной зоны АЛАР. Однако при определенной длине (сопротивления Z_L) линии все возможные ЭЦК будут находиться внутри контролируемой зоны, поэтому ширина областей сужения ε_- и расширения ε_+ после достижения своего максимума начинает уменьшаться до исчезновения. Другими

словами, необходимость введения расширенной зоны существует только при контроле относительно коротких линий.

Интересно, что угол линии φ_L оказывает значительное влияние на размер области расширения и практически не влияет на размер области сужения.

Выводы

1. Промежуточный отбор мощности на контролируемом участке линии вносит наибольшую погрешность в оценку местоположения ЭЦК в случае расположения непосредственно около места установки устройства АЛАР.



2. Оптимальной уставкой, обеспечивающей равномерность ошибки учета нагрузки промежуточного отбора мощности в алгоритмической модели сети устройства АЛАР, является вектор комплексной мощности, равноудаленный от верхней и нижней границ комплексной мощности нагрузки промежуточного отбора.

3. Оптимальная уставка сопротивления промежуточного отбора обеспечивает определение местоположения ЭЦК с точностью выше 7% от длины линии при промежуточном отборе мощности, равном 50% мощности, передаваемой по линии.

4. Показана важность введения в зону действия устройства АЛАР расширенной зоны, на которой устройство действует с замедлением. Выявлено, что для достаточно протяженных линий (для больших сопротивлений линий) необходимость введения расширенной зоны отсутствует, поскольку в этом случае все ЭЦК являются внутренними.

Литература:

1. Гоник Я.Е. Влияние промежуточного отбора мощности на изменение электрических величин в цикле асинхронного хода на работу устройств выявления асинхронного хода. Труды института «Энергосетьпроект», вып. 4, 1974, с. 105 – 125.

2. Гоник Я.Е. Влияние промежуточного отбора мощности на угол между векторами напряжения двух точек линии электропередачи и их взаимное скольжение. Труды института «Энергосетьпроект», вып. 7, 1976, с. 140 – 155.

3. Наровлянский В. Г., Ваганов А. Б., Иванов И. А. Результаты испытаний устройства ликвидации асинхронного режима АЛАР-М // Релейная защита и автоматизация. – 2010. – №1(01). – С. 16-18.

4. Александрова М.И., Антонов В.И., Наумов В.А., Петров В.С. Основы выбора уставок автоматической ликвидации асинхронного режима в многосвязных электрических сетях // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы XI Всерос. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Издательство Чуваш. ун-та, 2018. – С. 254–257.

5. Принципиальные схемы устройств автоматического прекращения асинхронного хода. Типовые материалы для проектирования № 407-0-174.88. Институт «Энергосетьпроект», 1988.

6. Сушко, В., Подшивалин А. ЛЭП с промежуточным отбором мощности. Особенности настройки устройств АЛАР. // Новости ЭлектроТехники. - 2010. - №5.

7. Противоаварийная автоматика энергосистем: каталог продукции. – ООО НПФ «ЭКРА», 8 издание, 2018. – 68 с.

8. Беркович М.А. Основы автоматика энергосистем. – Москва: Энергоатомиздат, 1981. – 432 с.

9. Power swing and out-of-step consideration on transmission lines: a report to the Power System Relaying Committee. – Of the IEEE Power Engineering Society, 2005. – 59 p.

10. Антонов В.И., Наумов В.А., Петров В.С., Александрова М.И., Никитина А.Н. Выбор характеристики срабатывания вывешивающего органа автоматика ликвидации асинхронного режима // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы X Всерос. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. – С. 225–228.

11. Гоник Я.Е., Иглицкий Я.Е. Автоматика ликвидации асинхронного режима. Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 112 с.

12. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

XXI МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

АВТОМАТИЗАЦИЯ

Конференция
Промышленная автоматизация и информационные технологии на пути к «Индустрии 4.0»

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:

automation-expo.ru
(812) 777-04-07

21-23 СЕНТЯБРЯ

Задачи

- Цифровизация промышленности
- Ускорение бизнес-процессов
- Оптимизация затрат
- Рост производительности
- Гибкость производства
- Обеспечение безопасности
- Непрерывный контроль

Решения

- АСУ ТП Робототехника
- IIoT BIG DATA PLM
- Облачные технологии
- Кибербезопасность
- Измерение и контроль
- Аддитивные технологии
- Отраслевые приложения . . .

На правах рекламы

Санкт-Петербург

КВЦ «ЭкспоФорум» ПАВИЛЬОН «Н»