

Л. М. Вильчур

О форме и размерах единичного электрода переносного заземляющего устройства

Переносное заземляющее устройство передвижных электроустановок отличается от заземления обычных стационарных установок тем, что:

- 1) располагается всегда в поверхностном слое грунта с неустойчивой удельной проводимостью;
- 2) может оказаться попеременно в самых разнообразных почвенных условиях;
- 3) каждый раз вступает в эксплуатацию не пройдя периода улеживания, поэтому его сопротивление растеканию подвержено большим флюктуациям от забивки в грунтах различной плотности и степени влажности.

Отсюда вытекают требования, которым должен удовлетворять единичный электрод-заземлитель переносного заземляющего устройства:

- 1) легко и быстро закладываться и выниматься из грунта;
- 2) давать хороший контакт с землей;
- 3) обладать достаточной механической прочностью, чтобы выдержать многократную закладку и выемку из грунта.

По характеру расположения в грунте переносные электроды могут выполняться вертикальными и горизонтальными.

Вертикальные стержни могут быть различны по форме:

- а) цилиндрический (сплошной и полый);
- б) конический (сплошной и полый);
- в) конический с бороздами гранями — штык;
- г) винтовой;
- д) штопоробразный.

К горизонтальным относятся протяженные заземлители прямоугольного и круглого сечения, закладываемые на поверхности земли или на небольшой глубине.

Сопротивление растеканию всех названных типов заземлителей может быть вычислено теоретически с той или иной степенью точности в предположении совершенно однородного по удельной проводимости грунта.

В период с октября 1950 по сентябрь 1952 года автором был проведен ряд исследований переносного заземляющего устройства для передвижной подстанции электротракторного агрегата. В первую очередь исследовался вопрос о форме и размерах единичного электрода переносного заземления.

Эксперименты проводились на территории Армянской ССР в различных почвах, орошаемых и неорошаемых.

Вертикальные электроды. Сопротивление растеканию цилиндрического вертикального заземлителя (полого и сплошного), забитого у поверхности земли, вычисляется обычно по формуле:

$$R_s \approx \frac{1}{2\pi\gamma l} \ln \frac{4l}{d}, \quad (1)$$

где γ — удельная проводимость однородного грунта в $\text{ом}^{-1}\text{см}^{-1}$,
 l — длина электрода в см, d — внешний диаметр в см.

Формула (1) приближенная, так как выводится в допущении, что поверхность уровня комбинированного фиктивного цилиндрического заземлителя является поверхностью полуэллипсоида [1].

Поскольку конический электрод со своим зеркальным изображением даже больше приближается к эллипсоиду, чем цилиндрический, можно воспользоваться этой же формулой и для конического заземлителя. В этом случае d — максимальный диаметр конуса у поверхности земли.

При обычно имеющих место соотношениях диаметра и длины заземлителя, когда $d \ll l$, изменение диаметра даже в несколько раз мало отражается на величине сопротивления растеканию [2]. Поэтому поперечные размеры электрода должны выбираться исключительно из условий механической прочности и скорости забивки.

При выборе длины переносного электрода приходится считаться с неустойчивостью удельной проводимости грунта, участвующего в растекании тока с электрода, — фактической удельной проводимости. Фактическая удельная проводимость зависит от геологического строения слоев земли, степени их разрушенности, их ориентации в направлении поверхности земли, характера и толщины почвенного слоя. При неизменности физико-механических свойств грунта большое влияние на фактическую удельную проводимость оказывает сезонное изменение влажности поверхностного слоя земли, наличие искусственного орошения и подземных грунтовых вод.

Влияние сезонного изменения влажности почвы на фактическую удельную проводимость для неорошаемого участка показано на фиг. 1. По мере просыхания почвы кривая $R_s = f(l)$ цилиндрического электрода перемещается вверх.

Уменьшение проводимости вследствие естественного просыхания грунта различно по глубине. Чем короче электрод, т. е. чем ближе он к поверхности земли, тем резче растет с просыханием его

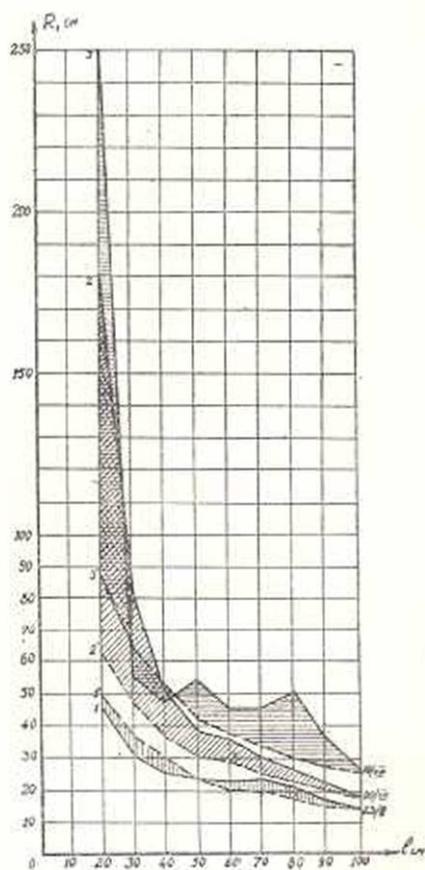
сопротивление. На этой же фигуре нанесены пунктирами те же кривые, но в предположении, что фактическая проводимость в верхних слоях почвы та же, что и на глубине забивки электрода. По мере сезонного просыхания почвы наблюдается огромное расхождение кривых в части, прилегающей к поверхности земли.

Для выяснения длины электрода, при которой неустойчивость верхнего слоя почвы перестает существенно влиять на сопротивление растеканию заземлителя, был поставлен ряд экспериментов.

Так как в новых сельскохозяйственных районах великих строек коммунизма будет искусственное орошение, мы и в Армянской ССР провели часть экспериментов на орошаемых землях.

Грунт принадлежал к бурым культурно-поливаемым почвам на древних речных отложениях. Одинаковые цилиндрические электроды длиной 100 см забивались в грунт на расстоянии 0,5—1,5—2,5—3,5 м от оросительной канавки. Через каждые 10 см забивки измерялось сопротивление растеканию электрода. Опыты были повторены за летний сезон 1951 г. 14 раз.

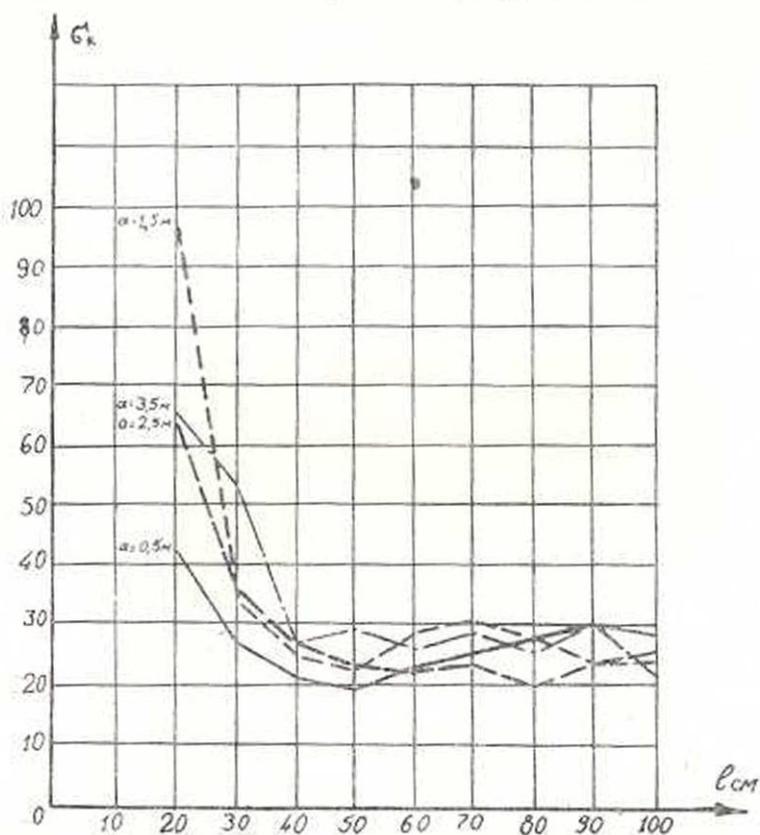
Для каждой из 4-х точек были определены средняя кривая $R_z = f(l)$ за сезон измерений и среднее квадратическое отклонение сопротивления растеканию на каждой глубине забивки. Кривые $\sigma_R = f(l)$ показаны на фиг. 2. Кривые начаты от глубины 0 см, так как на меньшей глубине из-за сильного просыхания грунта и неплотности забивки сопротивление растеканию в большинстве случаев выходило за пределы измерения прибора (1000 ом). Взаимное расположение кривых показывает влияние искусственного орошения. Каждая кривая характеризует влияние просыхания на разброс сопротивления растеканию в данной точке. Особенно велик разброс, вызванный просыханием поверхностного слоя грунта до 40 см толщиной. У точки, ближайшей к канавке, начальный разброс равен 44%; у более удаленных точек—65—100%. Начиная с глубины 40—50 см влияние полива уже почти не сказывается, но и влияние просыха-



Фиг. 1.

ния перестает зависеть от глубины. В диапазоне 50—100 см сохраняется разброс от просыхания грунта ~ 25—27%.

Аналогичные данные были получены в 1951—52 гг. на других почвах Армянской ССР, как орошаемых, так и неорошаемых.



Фиг. 2.

Следовательно, в условиях южных районов сопротивление заземлителей длиной 50 см, забитых в поверхностный слой грунта, является безусловно неустойчивым, и для вертикальных заземлителей желательна длина порядка 70 см.

Степень неплотности забивки также влияет на выбор длины и формы вертикального электрода. При забивке молотком, пока вертикальный электрод значительно выступает над поверхностью земли, удары по его головке вызывают значительную вибрацию. Вследствие этого в верхних слоях земли вокруг электрода образуется воронка. С углублением электрода в грунт вибрация ослабевает, и прилегание электрода к земле улучшается.

Степень неплотности забивки может быть оценена статистически путем сравнения разброса величины сопротивления растеканию электродов данной формы и размеров в данном грунте. У стержней

конической формы разброс сопротивлений растеканию меньше, чем у цилиндрических (табл. 1).

Таблица 1

Разброс сопротивлений растеканию различных вертикальных электродов

Вид электрода	Размеры электрода в см		Отклонение в % от средних значений		
	длина	диаметр	максим. +	максим. -	среднее квадратическ.
Цилиндрический	70	1,5	29,4	16,1	12,2
	70	2	8,2	8,2	5,5
	70	3	23,7	18,7	13,3
	100	2	15,8	10,5	6,9
Конический	70	1,5/0,5	8,2	4,7	3,0
	100	2/1	3,7	3,7	3,5

Расчетное соотношение сопротивлений растеканию цилиндрического и конического заземлителей равной длины и диаметра (для конуса — d_{\max}) в одинаковом грунте изменяется под влиянием неплотности забивки.

Из (1) для цилиндрического электрода при $\gamma = \text{const}$

$$R_1 = \frac{\text{const}}{l} \ln \frac{4l}{d}, \quad (2)$$

для конического

$$R_2 = \frac{\text{const}}{l} \ln \frac{4l_0}{d}, \quad (3)$$

где: l — глубина забивки, l_0 — полная длина электрода, d — для цилиндра — диаметр, для конуса — наибольший диаметр.

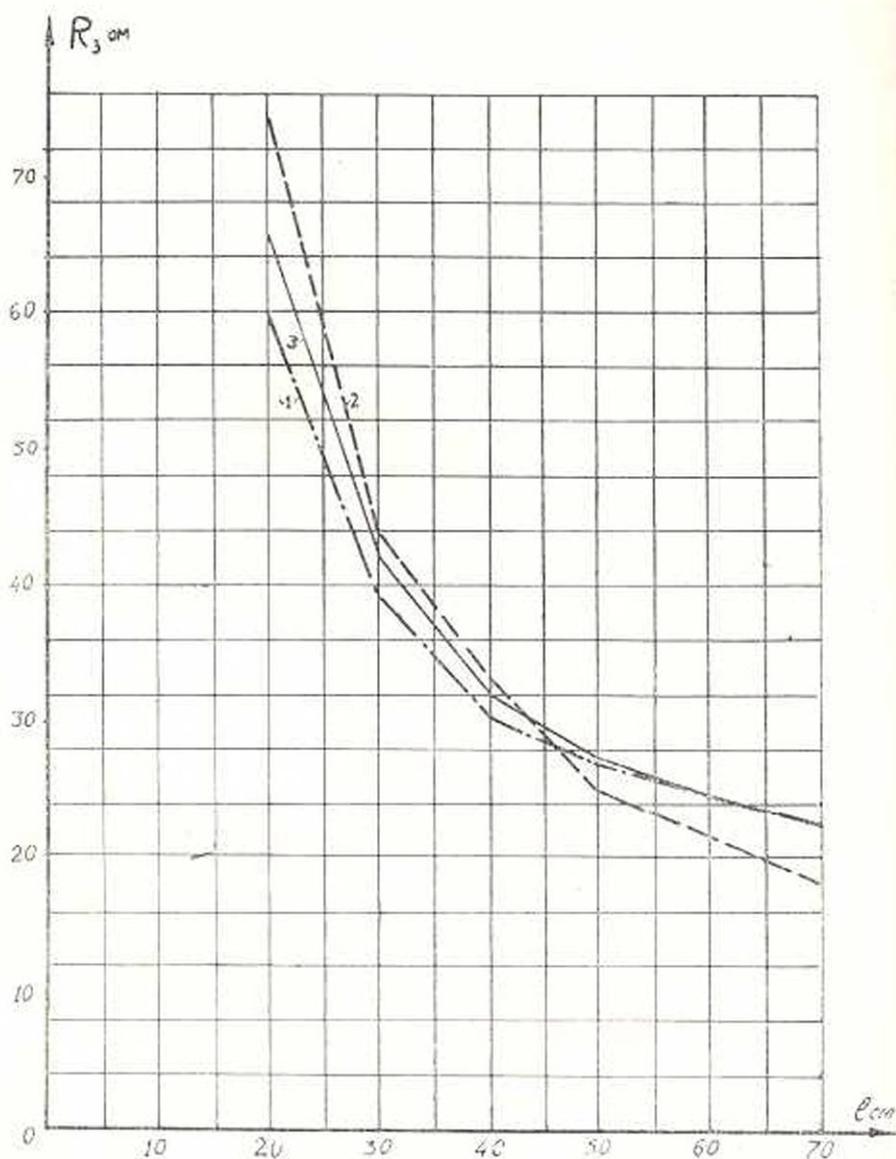
Поэтому кривая R_2 для конуса в начале забивки должна идти выше кривой для цилиндра, приближаясь к ней по мере забивки.

На фиг. 3 дан пример действительного соотношения обеих кривых для цилиндрического электрода с $d = 2$ см и конического $d_{\max} = 2$ см и $d_{\min} = 1$ см.

В начале забивки конический электрод, у которого центр тяжести лежит выше, чем у цилиндрического, сильнее вибрирует и увеличивает свое сопротивление растеканию. Хотя по мере углубления вибрация уменьшается, однако непрерывно происходит разрушение (осыпание) грунта вокруг электрода, что также отрицательно сказывается на величине сопротивления растеканию. У цилиндрического электрода это явление происходит до полной забивки его в грунт. Вокруг конического электрода, кроме того, по мере его углубления происходит спрессовывание грунта, которое улучшает контакт. С некоторой глубины у конического электрода влияние спрессовывания превышает влияние осыпания, и прилегание грунта становится лучше, чем для цилиндрического электрода (фиг. 3). На глу-

бине 70 см сопротивление конического электрода оказывается на 10—20% меньше чем у цилиндрического.

Опыты показали, что и в других грунтах преимущество остается за коническим заземлителем.



Фиг. 3.

Продолжительность забивки электродов в данном грунте зависит исключительно от их длины и диаметра, но не от формы (см. табл. 2).

Таблица 2

Форма электрода	Длина в см	Диаметр в см	Продолжитель- ность забивки в сек	Примечание
Цилиндрическая	70	1,5	17,7	
•	70	2	27,2	
•	70	3	47,2	
•	100	1	10,8	
•	100	2	4,9	
Коническая	70	1,5 0,5*	20,2	
•	100	2,1*	44,4	*числитель— $d_{\text{макс}}$, знаменатель— $d_{\text{мин}}$.

При выемке электрода коническая форма значительно облегчает и ускоряет работу. Однако конические стержни длиной 100 см требуют для выемки специальный рычаг, в то время как 70-ти сантиметровые в ряде грунтов вынимаются вручную.

Выбор поперечных размеров конического электрода производится по условиям механической прочности, разброса сопротивления растеканию и продолжительности забивки и выемки. После 10-кратной забивки 18 видов конических электродов длиной 70 см различного верхнего и нижнего диаметров наилучшие показатели оказались у стержня с верхним диаметром 1,5 см и нижним—0,7 см.

Сравнение конического электрода со штыком показало, что как заземлители они равноценны.

Полые цилиндрические заземлители (трубы) для переносных заземлений непригодны, так как не обладают достаточной механической прочностью для многократных забивок и плохо поддаются забивке в грунт из-за большого диаметра.

Цилиндрические электроды с винтовой нарезкой были применены на передвижных подстанциях ВИЭСХ—ЭНИИ, но оказались неудовлетворительными из-за трудности закладки и выемки из грунта. По этой же причине не рационален и электрод в форме штопора и конический полый электрод с винтовой нарезкой на конце. Прогрыш во времени закладки этих электродов не компенсирует выгрыша в величине сопротивления растеканию от увеличенного диаметра электрода.

Горизонтальные электроды. Неустойчивость удельного сопротивления почвы при глубинах заделки до 50 см заставляет отказаться от каких бы то ни было поверхностных или слегка углубленных горизонтальных заземлителей.

В ы в о д ы

Наиболее рациональным типом переносного единичного заземлителя следует считать вертикальный конический сплошной электрод длиной 70 см, круглого или многогранного (штык) сечения с

верхним диаметром 15 мм и нижним—не менее 7 мм. Подобный электрод в настоящее время передан в пробную эксплуатацию, в результате которой будут уточнены его механические качества.

Лаборатория электротехники
АН Армянской ССР

Поступило 24 IX 1952

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Марголин Н. Ф. Токи в земле. Госэнергоиздат, 1947.
2. Оллендорф Ф. Токи в земле. ГОНТИ, 1932.

Լ. Մ. Վիլչուր

ՏԵՂԱՓՈՒԵԼԻ ՀՈՂԱՆՑՄԱՆ ՍԱՐՔԱՎՈՐՄԱՆ ՄԻԱՅՆԱԿ ԷԼԵԿՏՐՈՂԻ ԶԵՎԻ ԵՎ ԶԱՓԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Շրջիկ էլեկտրական տեղակայումների տեղափոխելի հողանցման սարքավորումը անշարժ էլեկտրական տեղակայումների հողանցման սարքավորումներից ավարտելու մ է նրանով, որ՝

1) միշտ տեղավորվում է գետնի վերին շերտերում, որոնք ունեն անկայուն տեսակարար հաղորդականություն,

2) օդապարծվում է բոլորովին ավարտի հողային պայմաններում,

3) ամեն անգամ գտնուում են շահագործելի գետնի մեջ խփվելուց անմիջապես հետո, այդ պտաճառով գետնը չի հասցնում նրա շուրջը թաանալու և նրա տարածման դիմադրությունը ենթարկվում է մեծ Ֆլուկտուացիայի, որակց գետնին ունի ավարտի խտություն և խտավորություն:

Այսպիսով—տեղափոխելի սարքավորման միայնակ էլեկտրոդից—հողանցիչից պահանջվում է՝

1) գետնի մեջ պետք է խփվի և հանվի հեշտ և արագ,

2) գետնի հետ պետք է ունենա լավ կոնտակտ,

3) պետք է ունենա անհրաժեշտ մեխանիկական ամրություն, որպեսզի գետնի մեջ բազմապատիկ խփվելուց և հանվելուց դիմանա:

Միայնակ հողանցուցիչի տարածման դիմադրությունը որոշելու համար հաշվարկային բանաձևերը կիրառելի են միայն հաստատուն տեսակարար հաղորդականություն ունեցող գետնի համար:

Ակտաժ 1950 թ. հոկտեմբերից, հեղինակի կողմից կատարվել են հետազոտություններ միայնակ հողանցուցիչի ձևի և չափերի որոշման համար՝ Հայկական ՄՍՍՍ զանազան հողերում (սուսգելի և անսուսգելի):

Որոշվել է այն խտությունը, որի գեպքում հողի վերին շերտերի անկայունությունը գաղարում է ազդել էլեկտրոդի տարածման դիմադրության վրա:

Էլեկտրոդի լայնական հատվածքի չափերի ընտրումը կատարվել է,

Քաղաքացիական պատերազմի ժամանակահատվածում հայաստանի
 իրավաբանական կարգը ընդհանուր առմամբ կարգավորվել է
 1920 թվականի հունիսի 2-ին Ստամբուլում կնքված հայաստանի
 և Արևելյան Թուրքիայի միջև կնքված հաշտության պայմանագրով
 (հայտնի է որպես 1920 թվականի հունիսի 2-ի պայմանագիր)։
 Այս պայմանագրով հայաստանը ընդունեց Թուրքիայի քաղաքացիական
 օրենսդրությունը՝ որպես իր իրավաբանական կարգի հիմք։
 Սակայն պայմանագրի 10-րդ հոդվածի 2-րդ կետով հայաստանը
 պահպանեց իր իրավաբանական կարգի հիմքը՝ հայաստանի
 1915 թվականի օրենսդրությունը։